CORPO HUMANO

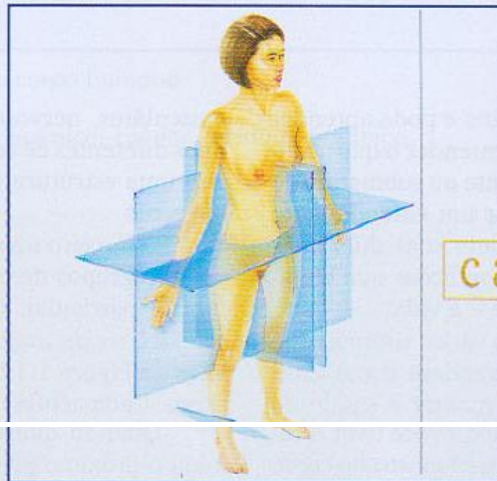
Fundamentos de Anatomia e Fisiologia

4ª Edição

GERARD J. TORTORA

Sumário Detalhado

objetivos do aprendizado

1. Descrever os níveis de organização estrutural que compõem o corpo humano. 2
2. Explicar brevemente como os sistemas do corpo se relacionam uns com os outros. 2
3. Definir os processos vitais em humanos. 5
4. Definir homeostase e descrever sua importância na saúde e na doença. 5
5. Descrever os muitos planos que passam através do corpo humano e explicar como estas secções são definidas. 5

ORGANIZAÇÃO DO CORPO HUMANO

uma visão geral

Você está iniciando o estudo do corpo humano e pode aprender como ele é organizado e como funciona. Para entender o que acontece com o corpo quando ele é ferido, está doente ou submetido ao estresse elevado, você deve primeiramente ter um entendimento básico de como o corpo é organizado, de como suas diferentes partes normalmente funcionam e das várias condições que afetarão o seu funcionamento para manter a saúde e a vida.

Neste capítulo, você será introduzido aos vários sistemas que compõem o corpo humano. Você também aprenderá como estes sistemas, em geral, cooperam entre si, para manter a saúde do corpo como um todo. Nos capítulos finais, quando você tiver estudado os sistemas do corpo com algum detalhe, será mostrado como estes sistemas interagem para mantê-lo saudável.

Definição de Anatomia e Fisiologia

Para entender as estruturas e as funções do corpo humano, estudaremos as ciências da anatomia e da fisiologia. A ***anatomia*** (*anatome* = cortar em partes, cortar separando) refere-se ao estudo da *estrutura* e das relações entre estas estruturas. A ***fisiologia*** (*physis* + *lógos* + *ia*) lida com as *funções* das partes do corpo, isto é, como elas trabalham. A função nunca pode ser separada completamente da estrutura, por isso você aprenderá sobre o corpo humano estudando a anatomia e a fisiologia em conjunto. Você verá como cada estrutura do corpo está designada para desempenhar uma função específica, e como a estrutura de uma parte, muitas vezes, determina sua função. Por exemplo, os pêlos que revestem o nariz filtram o ar que inspiramos. Os ossos do crânio estão unidos firmemente para proteger o encéfalo. Os ossos dos dedos, em contraste, estão unidos mais frouxamente para permitir vários tipos de movimento.

Níveis de Organização Estrutural

Objetivo: *Descrever os níveis de organização estrutural que compõem o corpo humano.*

O corpo humano consiste de vários níveis de organização estrutural que estão associados entre si (Figura 1.1). O ***nível químico*** inclui todas as substâncias químicas necessárias para manter a vida. As substâncias químicas são constituídas de átomos, a menor unidade de matéria, e alguns deles, como o carbono (C), o hidrogênio (H), o oxigênio (O), o nitrogênio (N), o cálcio (Ca), o potássio (K) e o sódio (Na) são essenciais para a manutenção da vida. Os átomos combinam-se para formar moléculas; dois ou mais átomos unidos. Exemplos familiares de moléculas são as proteínas, os carboidratos, as gorduras e as vitaminas.

As moléculas, por sua vez, combinam-se para formar o próximo nível de organização: o ***nível celular***. As ***células*** são as unidades estruturais e funcionais básicas de um organismo. Entre os muitos tipos de células existentes em seu corpo estão as células musculares, nervosas e sangüíneas. A Figura 1.1 mostra quatro tipos diferentes de células de revestimento do estômago. Cada uma tem uma estrutura diferente e cada uma desenvolve uma função diferente.

O terceiro nível de organização é o ***nível tecidual***. Os tecidos são grupos de células semelhantes que, juntas, realizam uma função particular. Os quatro tipos básicos de tecido são *tecido epitelial, tecido conjuntivo, tecido muscular* e *tecido nervoso*. As células na Figura 1.1 formam um tecido epitelial que reveste o estômago. Cada célula tem sua função específica na digestão.

Quando diferentes tipos de tecidos estão unidos, eles formam o próximo nível de organização: o ***nível orgânico***. Os ***órgãos*** são compostos de dois ou mais tecidos diferentes, têm funções específicas e geralmente apresentam uma forma reconhecível. Exemplos de órgãos são o coração, o fígado, os pulmões, o cérebro e o estômago. A Figura 1.1 mostra os vários tecidos que constituem o estômago. A *túnica serosa* é uma camada de tecido conjuntivo e tecido epitelial, estando localizada na superfície externa do estômago, que o protege e reduz o atrito quando o estômago se move e roça em outros órgãos vizinhos. As *camadas de tecido muscular* do estômago estão localizadas abaixo da túnica serosa e contraem-se para misturar o bolo alimentar e transportá-la para o próximo órgão digestório (intestino delgado). A *camada de tecido epitelial* que reveste o estômago produz muco, ácido e enzimas que auxiliam na digestão.

O quinto nível de organização é o ***nível sistêmico***. Um ***sistema*** consiste de órgãos relacionados que desempenham uma função comum. O sistema digestório, que funciona na digestão e na absorção dos alimentos, é composto pelos seguintes órgãos: boca, glândulas salivares, faringe (garganta), esôfago, estômago, intestino delgado, intestino grosso, fígado, vesícula biliar e pâncreas.

O mais alto nível de organização é o ***nível de organismo***. Todos os sistemas do corpo funcionando como um todo compõem o ***organismo*** – um indivíduo vivo.

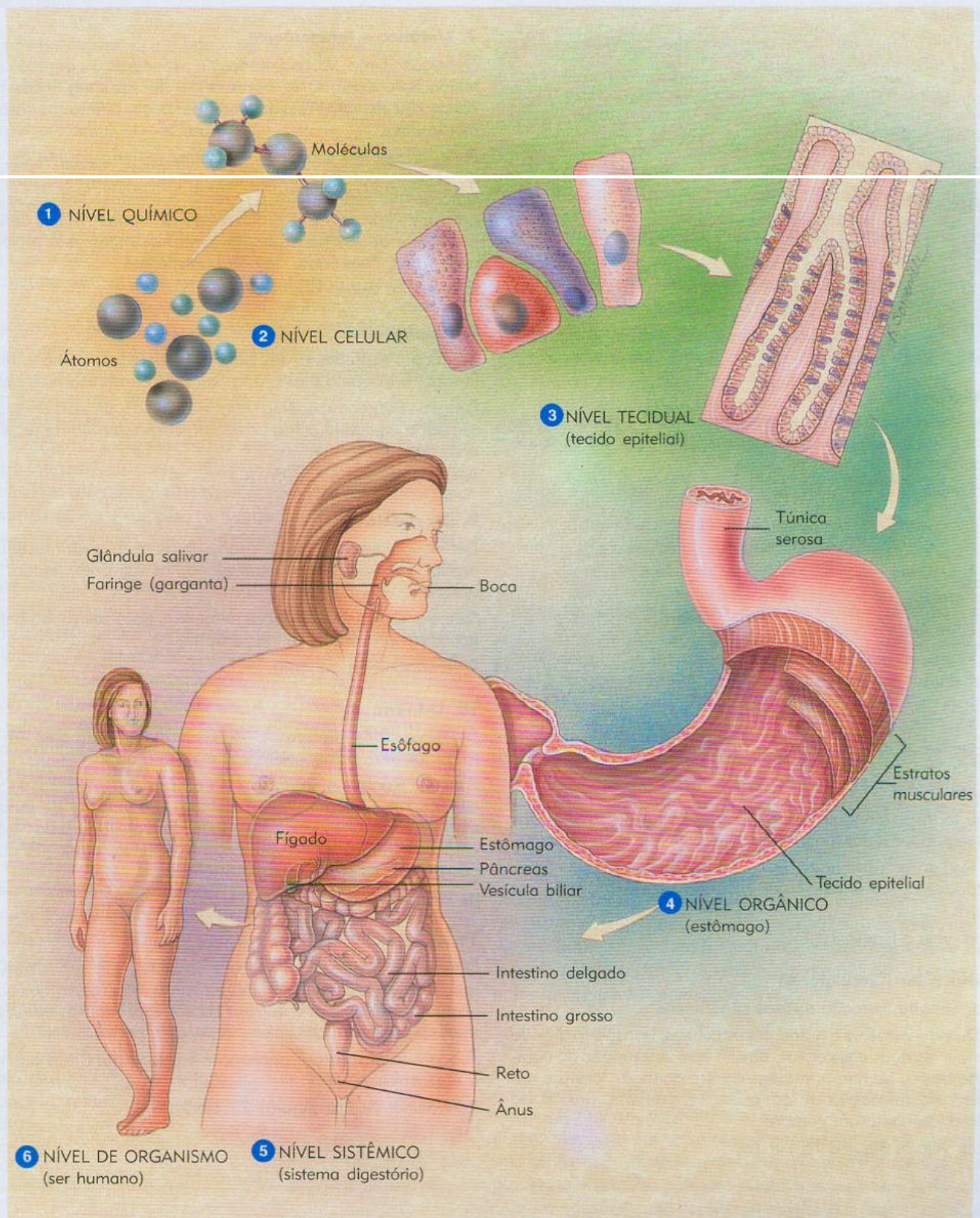
Como os Sistemas do Corpo Funcionam em Conjunto

Objetivo: *Explicar brevemente como os sistemas do corpo relacionam-se uns com os outros.*

À medida que os sistemas do corpo forem estudados com mais profundidade, nos próximos capítulos, você verá como eles funcionam para manter a saúde, protegê-lo contra doenças e permitir a reprodução da espécie. No momento, consideraremos como dois sistemas do corpo – os sistemas tegumentar e esquelético – cooperam entre si.

O sistema tegumentar (pele, pêlos e unhas) protege todos os sistemas do corpo, incluindo o sistema ósseo, por meio da função de barreira entre o ambiente externo e os tecidos e os órgãos internos. A pele (cútis) também está envolvida na produção de vitamina D, a qual o corpo necessita para a utilização apropriada de cálcio.

Figura 1.1 Níveis de organização estrutural do corpo humano.

Os níveis de organização estrutural são: químico, celular, tecidual, orgânico, sistêmico e de organismo.

Qual nível de organização estrutural é composto por dois ou mais tipos diferentes de tecido e tem uma forma geralmente reconhecível?

Quadro 1.1 Principais Sistemas do Corpo Humano, Órgãos Representativos e suas Funções

1. Tegumentar

Definição: Pele (cútis) e estruturas dela derivadas, como pêlo, unhas e glândulas sebáceas e sudoríparas.

Função: Auxilia a regular a temperatura corporal, protege o corpo, elimina resíduos, auxilia na produção de vitamina D, recebe certos estímulos tais como temperatura, pressão e dor.

Referência: veja a Figura 5.1.

2. Esquelético

Definição: Todos os ossos do corpo, suas cartilagens associadas e articulações.

Função: Sustenta e protege o corpo, auxilia nos movimentos corporais, aloja células que produzem as células sangüíneas, armazena minerais.

Referência: veja a Figura 6.6.

3. Muscular

Definição: Refere-se especificamente ao tecido muscular esquelético, em geral fixado a ossos (outros tecidos musculares são o liso e o cardíaco).

Função: Participa na execução de movimentos, mantém a postura, produz calor.

Referência: veja a Figura 8.13.

4. Nervoso

Definição: Encéfalo, medula espinhal, nervos e órgãos dos sentidos, tais como olho e orelha.

Função: Regula as atividades corporais por meio de impulsos nervosos, detectando mudanças no ambiente, interpretando-as e respondendo às mesmas, causando contrações musculares ou secreções glandulares.

Referência: veja as Figuras 10.2a e 10.5.

5. Endócrino

Definição: Todas as glândulas e tecidos que produzem substâncias químicas reguladoras das funções do corpo, chamadas hormônios.

Função: Regula as atividades do corpo por meio de hormônios transportados pelo sangue do sistema cardiovascular, aos diversos órgãos-alvo.

Referência: veja a Figura 13.1.

6. Cardiovascular (Circulatório)

Definição: Sangue, coração e vasos sangüíneos.

Função: Distribui oxigênio e nutrientes às células, transporta dióxido de carbono e resíduos das células, auxilia na manutenção do equilíbrio ácido-básico do corpo, protege contra doenças, previne hemorragias pela formação de coágulos sangüíneos, auxilia na regulação da temperatura corporal.

Referência: veja as Figuras 15.1 e 16.7.

7. Linfático e Imunológico

Definição: Linfa, vasos linfáticos e estruturas ou órgãos contendo tecido linfático (grande número de células sangüíneas brancas, chamadas de linfócitos), tais como o baço, o timo, os linfonodos e as tonsilas.

Função: devolve proteínas e plasma (porção líquida do sangue) ao sistema cardiovascular (circulatório), transporta gorduras do trato gastrintestinal para o sistema cardiovascular, serve de local para a maturação e a proliferação de certas células sangüíneas brancas e auxilia na proteção contra doenças pela produção de anticorpos, bem como de outras respostas.

Referência: veja a Figura 17.1.

8. Respiratório

Definição: Pulmões e vias aéreas associadas, como a faringe, a laringe, a traquéia e os brônquios, que comunicam os pulmões.

Função: Fornece oxigênio, elimina dióxido de carbono, auxilia a regular o equilíbrio ácido-básico do corpo, auxilia na produção de sons da voz.

Referência: veja a Figura 18.1.

9. Digestório

Definição: Um tubo longo chamado de trato gastrintestinal e seus órgãos acessórios, tais como glândulas salivares, fígado, vesícula biliar e pâncreas.

Função: Degrada e absorve alimentos para utilização pelas células, elimina resíduos sólidos e outros.

Referência: veja a Figura 19.1.

10. Urinário

Definição: Rins, ureteres, bexiga urinária e uretra que, em conjunto, produzem, armazenam e eliminam a urina.

Função: Regula o volume e a composição química do sangue, elimina resíduos, regula o equilíbrio e o volume de fluidos e de eletrólitos, auxilia na manutenção do equilíbrio ácido-básico do corpo, secreta um hormônio que auxilia na regulação da produção de células sangüíneas vermelhas.

Referência: veja a Figura 21.1.

11. Genital

Definição: Órgãos (testículos e ovários) que produzem células reprodutivas (espermatozóides e óvulos) e outros órgãos que transportam, armazenam e nutrem células reprodutivas (vagina, tubas uterinas, útero, ducto deferente, uretra, pênis).

Função: Reproduz o organismo e produz hormônios que regulam o metabolismo.

Referência: veja as Figuras 23.1 e 23.8.

(O cálcio é o mineral necessário para o crescimento e o desenvolvimento dos ossos.) O sistema esquelético, por sua vez, fornece sustentação para o sistema tegumentar.

Processos Vitais

Objetivo: *Definir os processos vitais em seres humanos.*

Todos os organismos vivos apresentam certas características que os diferenciam das coisas não-vivas. A seguir são descritos os processos vitais importantes no ser humano:

1. O **metabolismo** (*metabole* = mudança) é a soma de todos os processos químicos que ocorrem no corpo. Uma fase do metabolismo, chamada de **catabolismo** (*cata* = para baixo), envolve o desdobramento de moléculas complexas em moléculas menores e mais simples. Um exemplo é a quebra de proteínas alimentares em seus constituintes, os aminoácidos. A outra fase do metabolismo, chamada de **anabolismo** (*ana* = para cima), utiliza energia gerada pelo catabolismo para a construção dos componentes estruturais e funcionais do corpo. Um exemplo de anabolismo é a síntese proteica que forma músculos e ossos.
2. A **responsividade** é a capacidade de detectar e responder às mudanças no meio externo (ambiente fora do corpo) ou no meio interno (ambiente dentro do corpo). Células diferentes detectam diferentes alterações e respondem de maneira característica. Por exemplo, os neurônios (células nervosas) respondem por meio da geração de sinais elétricos, conhecidos como impulsos nervosos e, algumas vezes, transportam-nos por longas distâncias, como entre o seu grande dedo do pé e o seu encéfalo.
3. O **movimento** inclui o movimento do corpo inteiro, de órgãos individuais, de células individuais ou mesmo de estruturas intracelulares. Por exemplo, a contração coordenada de diversos músculos da perna move o seu corpo todo de um lugar a outro quando você caminha ou corre. Durante a digestão, a comida move-se para fora do estômago em direção ao intestino delgado.
4. O **crescimento** refere-se ao aumento em tamanho. Ele pode ser devido a um aumento do tamanho das células existentes, do número de células ou da quantidade de substâncias intercelulares.
5. A **diferenciação** é o processo pelo qual células não-especializadas tornam-se células especializadas. As células diferenciadas diferem estrutural e funcionalmente de suas originárias. Por exemplo, após a união do espermatozóide com o óvulo, o ovo fecundado sofre uma diferenciação tremenda e progride por meio de vários estágios a um indivíduo único, que é similar a seus pais, porém bastante diferente deles (veja a Capítulo 24).
6. A **reprodução** refere-se à formação de novas células para crescimento, reparo ou reposição, ou à produção de um novo indivíduo.

Homeostase: Mantendo os Limites Fisiológicos

Objetivo: *Definir homeostase e descrever sua importância na saúde e na doença.*

Como temos visto, o corpo humano é composto de vários sistemas e órgãos, cada um consistindo de milhões de células. Estas células necessitam de condições relativamente estáveis para funcionar efetivamente e contribuir para a sobrevivência do corpo como um todo. A manutenção de condições estáveis para suas células é uma função essencial do corpo humano, a qual os fisiologistas chamam de homeostase, um dos temas mais importantes deste livro.

A ***homeostase*** (*homeo* = igual; *stasis* = ficar parado) é uma condição na qual o meio interno do corpo permanece dentro de certos limites fisiológicos. O meio interno refere-se ao fluido entre as células, chamado de líquido intersticial (intercelular), que é discutido em detalhe no Capítulo 3 (veja a Figura 3.3). Um organismo é dito em homeostase quando seu meio interno contém a concentração apropriada de substâncias químicas, mantém a temperatura e a pressão adequadas. Quando a homeostase é perturbada, pode resultar a doença. Se os fluidos corporais não forem trazidos de volta à homeostase, pode ocorrer a morte.

Estresse e Homeostase

A homeostase pode ser perturbada pelo ***estresse***, que é qualquer estímulo que cria um desequilíbrio no meio interno. O estresse pode originar-se no meio externo na forma de estímulos tais como o calor, o frio ou falta de oxigênio. Ou o estresse pode originar-se dentro do corpo na forma de estímulos como pressão sangüínea alta, tumores ou pensamentos desagradáveis. A maioria dos estresses é leve e rotineira. O estresse extremo pode ser causado por envenenamento, superexposição a temperaturas extremas e intervenções cirúrgicas.

Felizmente, o corpo apresenta muitos mecanismos de regulação (homeostática) que podem trazer o meio interno de volta ao equilíbrio. Cada estrutura corporal, do nível celular ao sistêmico, tenta manter o meio interno dentro dos limites fisiológicos normais.

Os mecanismos homeostáticos do corpo estão sob o controle dos sistemas nervoso e endócrino. O sistema nervoso regula a homeostase pela detecção dos desequilíbrios do corpo, e pelo envio de mensagens (impulsos nervosos) aos órgãos apropriados para combater o estresse. O sistema endócrino é um grupo de glândulas que secretam mensageiros químicos, chamados de hormônios, na corrente sangüínea. Enquanto os impulsos nervosos coordenam a homeostase rapidamente, os hormônios atuam de forma mais lenta. A seguir é descrito um exemplo de como o sistema nervoso regula a homeostase.

Homeostase da Pressão Sangüínea

A pressão sangüínea é a força com que o sangue passa através dos vasos sangüíneos, especialmente nas artérias. Para que se mantenha a vida, o sangue deve não somente ser mantido em circulação, mas também deve circular com uma pressão apropriada. Por exemplo, se a pressão sangüínea é muito baixa, os órgãos do corpo, tais como o encéfalo, não receberão oxigênio e nutrientes adequados para seu funcionamento apropriado. Uma pressão sangüínea alta, por outro lado, tem efeitos adversos em órgãos como o coração, os

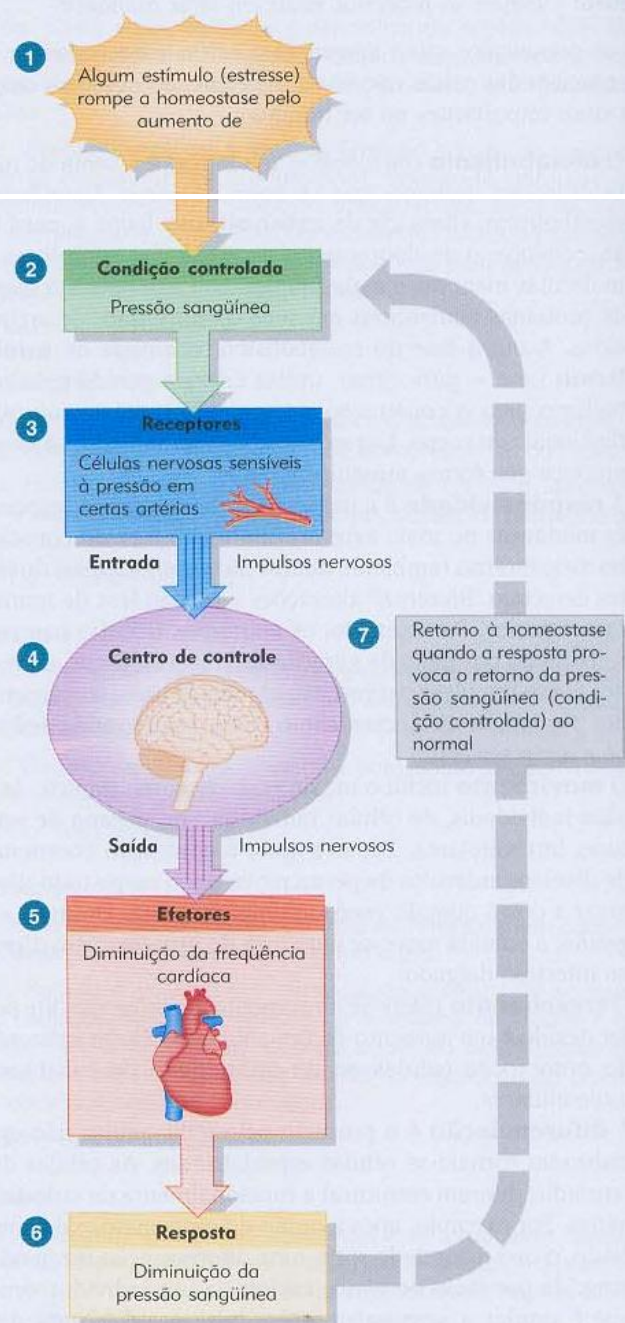
rins e o encéfalo. A pressão alta contribui para o desenvolvimento de ataques cardíacos e derrames cerebrais. Entre outros fatores, a pressão sangüínea depende da freqüência e da força do batimento cardíaco. Se algum estresse causa taquicardia, ocorre a seguinte seqüência (Figura 1.2). Quando o coração bombeia mais rapidamente, ele empurra mais sangue para as artérias, aumentando a pressão sangüínea. O aumento da pressão é detectado por células nervosas sensíveis à pressão localizadas nas paredes de certas artérias, que respondem com o envio de impulsos nervosos ao encéfalo. Estes, por sua vez, responde ao coração e a certos vasos sangüíneos para diminuir a freqüência cardíaca, diminuindo, assim, a pressão sangüínea. O monitoramento contínuo da pressão sangüínea pelo sistema nervoso é uma tentativa de manter a pressão sangüínea normal e envolve o chamado sistema de retroalimentação.

O ***sistema de retroalimentação*** envolve um ciclo de eventos no qual a informação sobre as condições corporais é continuamente monitorada e retroalimentada (relatada) à região de controle central. O sistema de retroalimentação consiste de três componentes básicos – centro de controle, receptor e efetor (Figura 1.2).

1. O ***centro de controle*** determina o ponto em que uma dada condição corporal, a chamada ***condição controlada***, deve ser mantida. No corpo, existem centenas de condições controladas. A considerada aqui é a pressão sangüínea. Outros exemplos são freqüência cardíaca, a acidez do sangue, o nível de açúcar no sangue, a temperatura corporal e a freqüência respiratória. O centro de controle recebe informação sobre o estado de uma condição controlada de um receptor e, então, determina um curso apropriado de ação.
2. O ***receptor*** monitora as mudanças na condição controlada e, então, envia a informação, chamada de *entrada* (aferente) ao centro de controle. Qualquer estresse que altera uma condição controlada é chamado de um ***estímulo***. Por exemplo, um estímulo como evitar o atropelamento de alguém com seu carro, faz seu coração bater mais rapidamente e isto aumenta a pressão sangüínea (condição controlada). As células nervosas sensíveis à pressão presentes nas artérias (receptores) enviam impulsos nervosos ao centro de controle, que, neste caso, é o encéfalo.
3. O ***efetor*** é a parte do corpo que recebe a informação, chamada de saída (eferente), do centro de controle, e que produz uma ***resposta*** (efeito). Neste exemplo, o encéfalo envia impulsos nervosos ao coração (efetor). A freqüência cardíaca é reduzida e a pressão sangüínea diminui (resposta). Isso auxilia no retorno à pressão sangüínea (condição controlada) normal, e a homeostase é restabelecida.

A resposta decorrente é continuamente monitorada pelos receptores, e retroalimentada ao centro de controle. Se a resposta reverter o estímulo original, como no exemplo acima citado, o sistema é denominado ***sistema de retroalimentação negativa***. Caso a resposta aumente o estímulo original, o sistema é denominado ***sistema de retroalimentação positiva***.

Os sistemas de retroalimentação negativa, tais como o mostrado na Figura 1.2, requerem um monitoramento e ajuste freqüentes, dentro dos limites fisiológicos. Tais sistemas incluem a pressão sangüínea, a temperatura corporal e os níveis de açúcar no sangue. Os sistemas de retroalimentação positiva, por outro lado, são importantes para condições que não ocorram com freqüência e que não requeiram um contínuo ajuste fino. Diferentemente dos sistemas de retroalimentação negativa, os sistemas de retroalimentação positiva tendem a intensificar a condição controlada. Por exemplo, no sistema mostrado na Figura 1.2, se o encéfalo enviasse impulsos ao coração para bater mais rapidamente e a pressão sangüínea continuasse a aumentar, então o sistema seria um sistema de retroalimentação positiva.

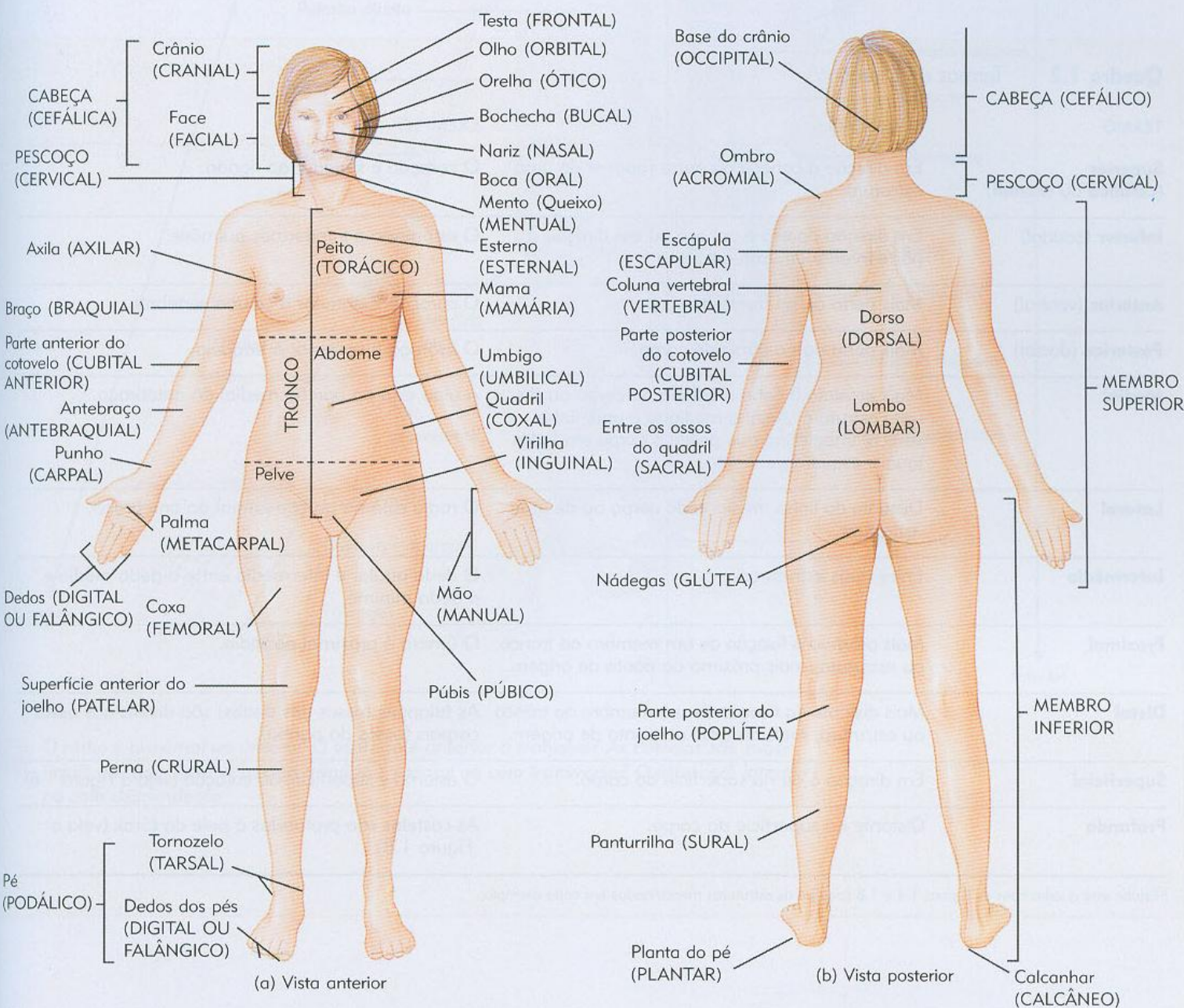
Figura 1.2 A homeostase da pressão sangüínea por meio de um sistema de retroalimentação negativa. A resposta é retroalimentada ao sistema, e o sistema continua a baixar a pressão sangüínea até que retorne à homeostase. Nota: Sempre que diagramas de ciclo de retroalimentação são utilizados neste livro, eles serão semelhantes a esta ilustração em termos de estilo e cores.

P *Quais são as duas maneiras pelas quais a retroalimentação positiva e a retroalimentação negativa diferem entre si?*

A maioria dos sistemas de retroalimentação do corpo é negativa. Embora muitos sistemas de retroalimentação positiva possam ser destrutivos e resultar em vários desarranjos, alguns são normais e benéficos, tais como a coagulação sangüínea e as contrações do trabalho de parto. A coagulação sangüínea auxilia a parar a perda de sangue de uma ferida. Quando as contrações do trabalho de parto começam, um certo hormônio é lançado na corrente sangüínea. Este hormônio intensifica as contrações, as quais, por sua vez, estimulam o lançamento de mais hormônio. O ciclo se quebra com o nascimento do infante.

Posição Anatômica

Na anatomia, existe uma convenção universal de que as descrições do corpo humano assumem que o corpo esteja em uma posição específica, chamada de **posição anatômica**. Na posição anatômica, o indivíduo está de pé, ereto, de frente para o observador, com os membros superiores (extremidades) posicionados lateralmente, as palmas das mãos voltadas para a frente e os pés apoiados no chão (Figura 1.3). Os nomes comuns e os termos anatômicos de várias regiões do corpo são também apresentados na Figura 1.3.

Figura 1.3 Posição anatômica. Os nomes comuns e termos anatômicos, entre parênteses, são indicados para muitas regiões do corpo. Por exemplo, o peito é a região torácica.

As descrições do corpo humano pressupõe que ele esteja em uma posição específica, chamada de posição anatômica.

Quais são as características da posição anatômica?

Termos de Direção

Para a localização das diversas estruturas corporais umas em relação às outras, os anatomistas utilizam certos ***termos de direção***. Os termos de direção estão definidos no Quadro 1.2; os exemplos dados são também mostrados nas Figuras 1.4 e 1.8. Estude o quadro e as figuras em conjunto.

Planos e Secções (Cortes)

Objetivo: *Descrever os vários planos que podem atravessar o corpo humano e explicar como estas secções são definidas.*

O corpo humano também pode ser descrito em termos de ***planos*** (superfícies planas imaginárias) que o atravessam (Figura 1.5). Um ***plano sagital*** (*sagittalis* = seta) é um plano que divide o corpo em lados direito e esquerdo. Um ***plano sagital mediano*** passa através da linha mediana do corpo, dividindo-o em dois lados *iguais*, direito e esquerdo. Um ***plano parassagital*** (*para* = perto) não atravessa o corpo na sua linha mediana e divide o corpo em porções desiguais direita e esquerda. Um ***plano frontal*** (***coronal***) é um plano que divide o corpo em porções anterior (fronte) e posterior (dorso). Um ***plano transversal*** (***horizontal***) divide o corpo em porções superior e inferior. Um ***plano oblíquo*** atravessa o corpo ou um órgão em um ângulo entre o plano transversal e os planos sagital mediano, parassagital (sagital paramedino) ou frontal.

Quando você estuda a estrutura do corpo, freqüentemente ele é visto em secção, o que significa que você está olhando apenas uma superfície de uma estrutura tridimensional. A Figura 1.6 indica como três secções diferentes – uma *secção transversal*, uma *secção frontal* e uma *secção sagital mediana* – proporcionam vistas diferentes do encéfalo.

Quadro 1.2 Termos de Direção[a]

TERMO	DEFINIÇÃO	EXEMPLO
Superior (**cefálico** ou **cranial**)	Em direção à cabeça ou parte superior de uma estrutura.	O coração é superior ao fígado.
Inferior (caudal)	Em direção oposta à cabeça ou em direção à parte inferior de uma estrutura.	O estômago é inferior aos pulmões.
Anterior (ventral)	Mais perto ou na frente do corpo.	O coração é anterior à coluna vertebral.
Posterior (dorsal)	Mais perto ou no dorso do corpo.	O esôfago é posterior à traquéia.
Medial	Mais próximo à linha mediana do corpo ou de uma estrutura. A linha mediana é uma linha vertical imaginária que divide o corpo em lados iguais, esquerdo e direito.	A ulna está na porção medial do antebraço.
Lateral	Distante da linha mediana do corpo ou de uma estrutura.	O rádio está na porção lateral do antebraço.
Intermédio	Entre duas estruturas.	O dedo anular é intermédio entre o dedo médio e o dedo mínimo.
Proximal	Mais próximo à fixação de um membro ao tronco ou estrutura; mais próximo ao ponto de origem.	O úmero é proximal ao rádio.
Distal	Mais distante da fixação de um membro ao tronco ou estrutura; mais distante do ponto de origem.	As falanges (ossos dos dedos) são distais aos ossos carpais (ossos do punho).
Superficial	Em direção à ou na superfície do corpo.	O esterno é superficial ao coração (veja a Figura 1.8).
Profundo	Distante da superfície do corpo.	As costelas são profundas à pele do tórax (veja a Figura 1.8).

[a] Estude este quadro com as Figuras 1.4 e 1.8. Localize as estruturas mencionadas em cada exemplo.

Figura 1.4 Termos de direção. Estude o Quadro 1.2 juntamente com esta figura para entender os termos de direção: *superior, inferior, anterior, posterior, medial, lateral, intermédio, proximal* e *distal*.

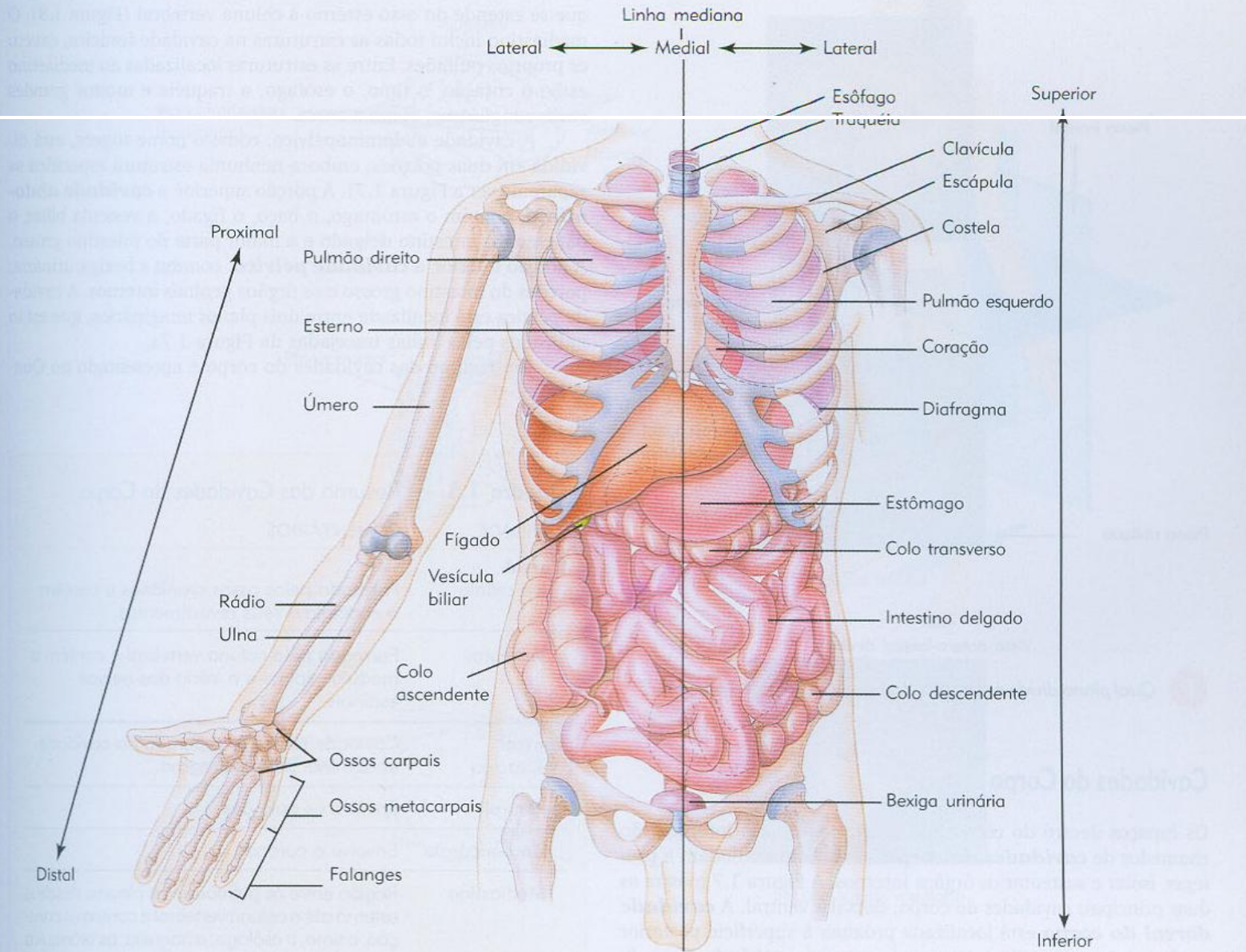
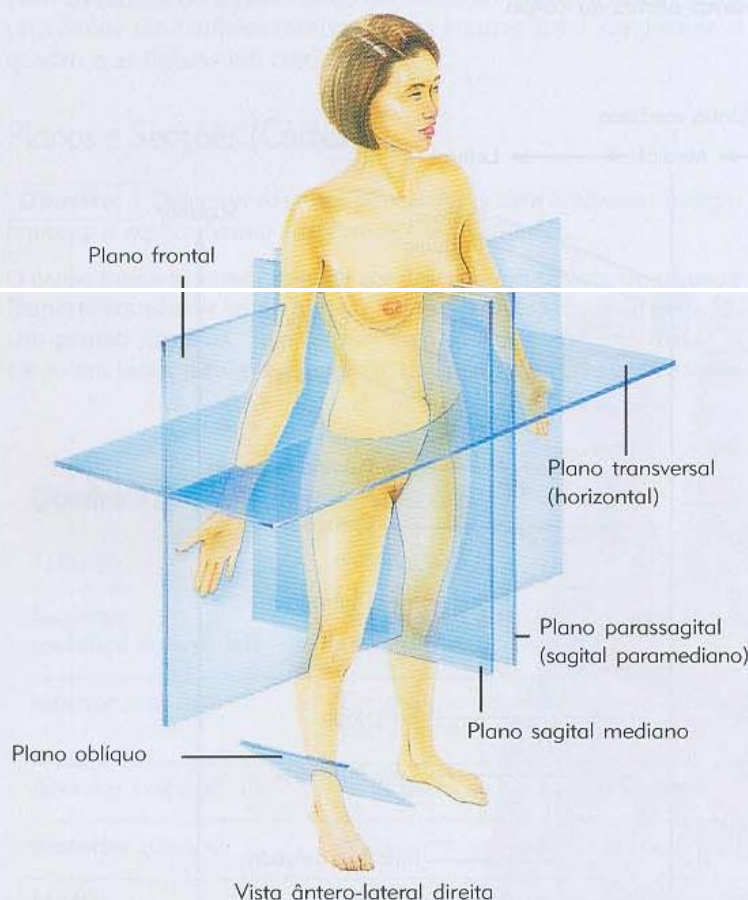
Termos de direção são termos muito precisos que localizam as várias partes do corpo uma em relação à outra.

O rádio é proximal ao úmero? O esôfago é anterior à traquéia? As costelas são superficiais aos pulmões? A bexiga urinária é medial ao colo transverso? O esterno é lateral ao colo descendente?

Figura 1.5 Planos do corpo humano.

Os planos frontal, transversal, sagital e oblíquo dividem o corpo de maneiras específicas.

Qual plano divide o coração em porções anterior e posterior?

Cavidades do Corpo

Os espaços dentro do corpo que contêm os órgãos internos são chamados de ***cavidades do corpo***. As cavidades ajudam a proteger, isolar e sustentar os órgãos internos. A Figura 1.7 mostra as duas principais cavidades do corpo: dorsal e ventral. A ***cavidade dorsal do corpo*** está localizada próxima à superfície posterior ou dorsal do corpo. Ela é composta por uma ***cavidade do crânio***, que é formada pelos ossos cranianos e que contém o encéfalo e suas membranas (chamadas de *meninges*), e por um ***canal vertebral*** que é formado pelas vértebras (ossos individuais) da coluna vertebral e que contém a medula espinal e suas membranas (também chamadas de *meninges*), bem como o começo (*raízes*) dos nervos espinais.

A ***cavidade ventral do corpo*** está localizada na porção anterior ou ventral (frontal) do corpo e contém órgãos coletivamente chamados de ***vísceras***. Como a cavidade dorsal, a cavidade ventral do corpo apresenta duas subdivisões principais – uma porção superior, chamada de ***cavidade torácica***, e uma porção inferior, chamada de ***cavidade abdominopélvica***. O diafragma (diaphragma = partição ou parede), uma camada muscular em forma de domo e um importante músculo da respiração, divide a cavidade ventral do corpo em cavidades torácica e abdominopélvica.

A cavidade torácica contém duas ***cavidades pleurais*** em torno de cada pulmão, e a ***cavidade do pericárdio*** (*peri* = em volta; *cardi* = coração), espaço em torno do coração (Figura 1.8).

O ***mediastino*** (*medias* = meio; *stare* = parar, estar), na cavidade torácica, contém uma massa de tecidos entre os pulmões que se estende do osso esterno à coluna vertebral (Figura 1.8). O mediastino inclui todas as estruturas na cavidade torácica, exceto os próprios pulmões. Entre as estruturas localizadas no mediastino estão o coração, o timo, o esôfago, a traquéia e muitos grandes vasos sangüíneos, como a aorta.

A cavidade abdominopélvica, como o nome sugere, está dividida em duas porções, embora nenhuma estrutura específica as separem (ver a Figura 1.7). A porção superior, a ***cavidade abdominal***, contém o estômago, o baço, o fígado, a vesícula biliar, o pâncreas, o intestino delgado e a maior parte do intestino grosso. A porção inferior, a ***cavidade pélvica***, contém a bexiga urinária, porções do intestino grosso e os órgãos genitais internos. A cavidade pélvica está localizada entre dois planos imaginários, que estão indicados pelas linhas tracejadas da Figura 1.7a.

Um resumo das cavidades do corpo é apresentado no Quadro 1.3.

Quadro 1.3 Resumo das Cavidades do Corpo

CAVIDADE	COMENTÁRIOS
Dorsal	
Do crânio	Formada pelos ossos cranianos e contém o encéfalo e seus revestimentos.
Vertebral	Formada pela coluna vertebral e contém a medula espinal e o início dos nervos espinais.
Ventral	
Torácica	Cavidade torácica; separada da cavidade abdominal pelo diafragma.
Pleural	Envolve os pulmões.
Do pericárdio	Envolve o coração.
Mediastino	Região entre os pulmões e as pleuras desde o esterno até a coluna vertebral e contém o coração, o timo, o esôfago, a traquéia, os brônquios e muitos grandes vasos sangüíneos e vasos linfáticos.
Abdomino-pélvica	Subdividida em cavidades abdominal e pélvica.
Abdominal	Contém o estômago, o baço, o fígado, a vesícula biliar, o pâncreas, o intestino delgado e a maior parte do intestino grosso.
Pélvica	Contém a bexiga urinária, as porções do intestino grosso e os órgãos genitais internos femininos e masculinos.

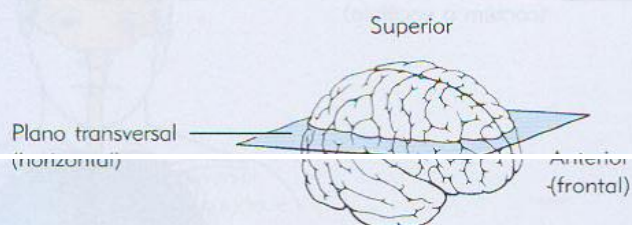
Figura 1.6 Planos atravessando diferentes partes do encéfalo. Os planos são mostrados nos diagramas à esquerda e as secções resultantes são mostradas nas fotografias à direita.

Os planos dividem o corpo de várias maneiras e produzem secções.

Superior

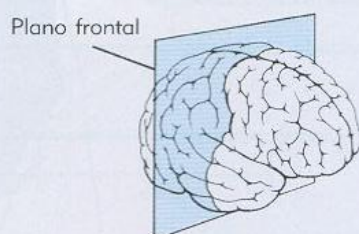
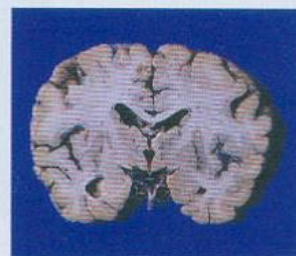
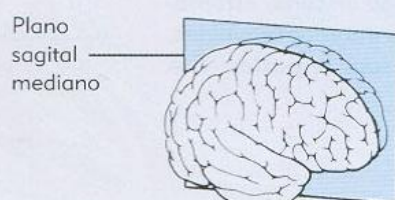
Plano transversal (horizontal)

Anterior (frontal)

(a)

Secção transversal

Plano frontal

(b)

Secção frontal

Plano sagital mediano

(c)

Secção sagital mediana

P *Qual plano divide o encéfalo em lados esquerdo e direito iguais?*

Figura 1.7 Cavidades do corpo.

As duas principais cavidades do corpo são a dorsal e a ventral.

(a) Vista lateral direita

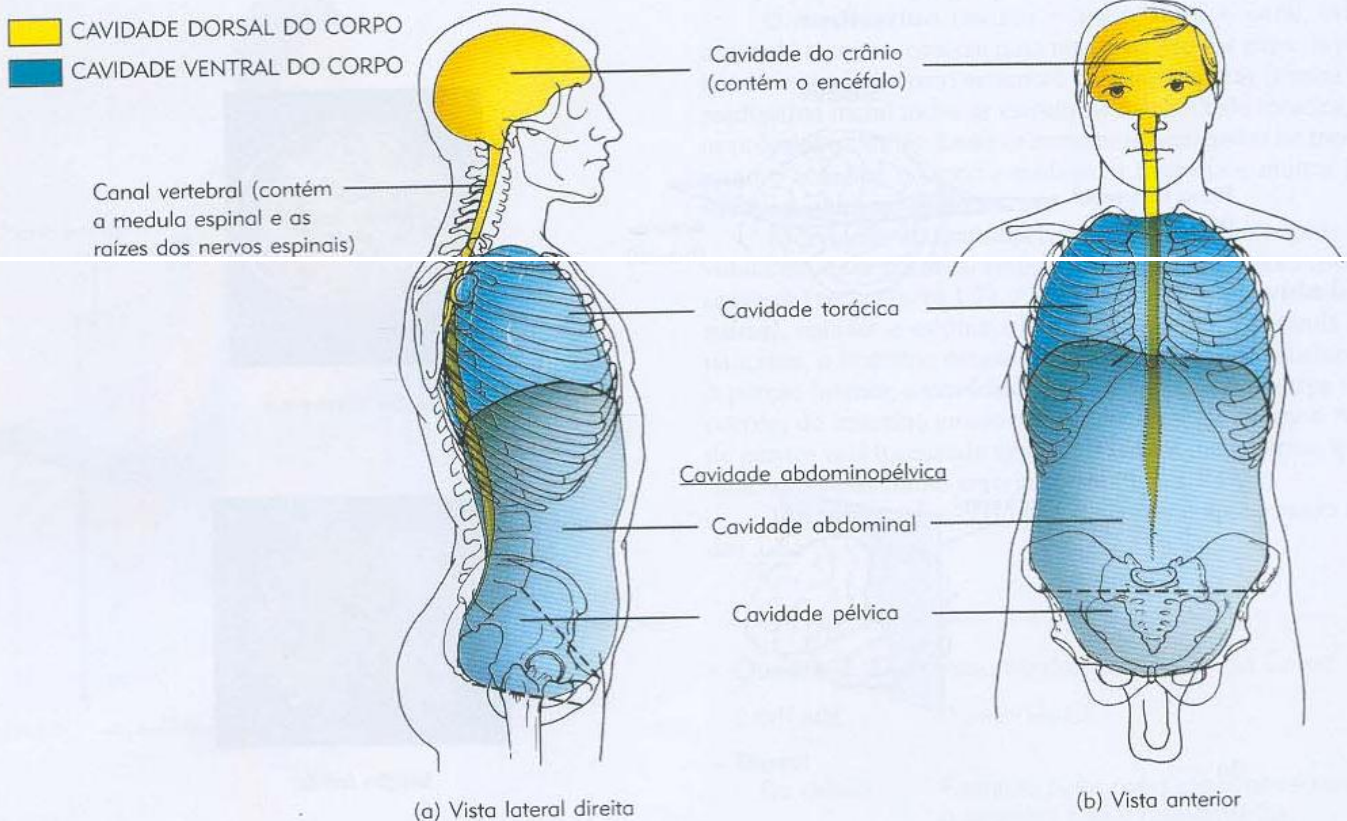
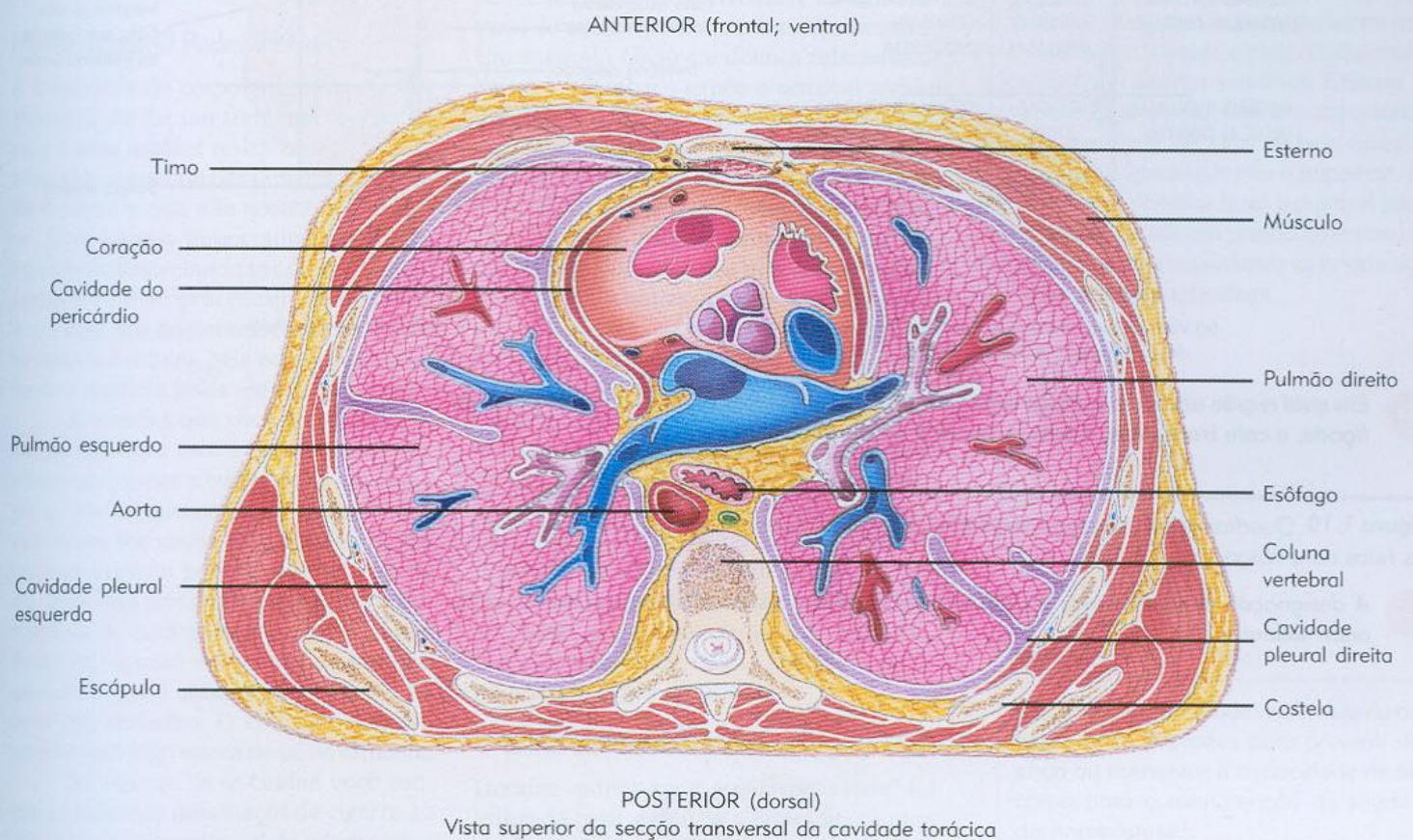
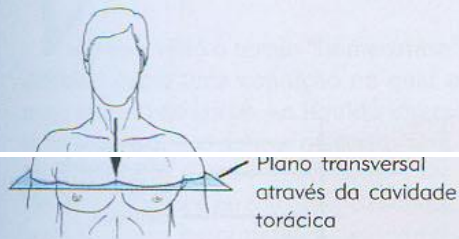
(b) Vista anterior

P ***Em quais cavidades estão localizadas as seguintes estruturas: bexiga urinária, estômago, coração, pâncreas, intestino delgado, pulmões, órgãos genitais internos femininos, mediastino, baço, reto e fígado? Use os seguintes símbolos para suas respostas: T = torácica, A = abdominal, P = pélvica.***

Figura 1.8 Cavidade torácica. As duas cavidades pleurais circundam os pulmões direito e esquerdo, e a cavidade do pericárdio circunda o coração. O mediastino encontra-se entre os pulmões e estende-se do esterno até a coluna vertebral. A seta no inserto indica a direção em que a cavidade torácica é vista (superior).

O diafragma separa a cavidade torácica da cavidade abdominal.

Vista superior da secção transversal da cavidade torácica

P ***Qual das seguintes estruturas está no mediastino: timo, pulmão direito, coração, esôfago, aorta, costela ou cavidade pleural esquerda?***

Regiões e Quadrantes Abdominopélvicos

Para localizar facilmente os órgãos, a cavidade abdominopélvica é dividida em nove ***regiões abdominopélvicas***, mostradas na Figura 1.9. A cavidade abdominopélvica pode também ser dividida em ***quadrantes*** (*quad* = quarta parte). Estes são mostrados na Figura 1.10. Uma linha horizontal e uma linha vertical atravessam o umbigo. Estas duas linhas dividem o abdome em um ***quadrante superior direito*** (QSD), um ***quadrante superior esquerdo*** (QSE), um ***quadrante inferior direito*** (QID) e um ***quadrante inferior esquerdo*** (QIE). Enquanto a divisão em nove regiões é mais utilizada para estudos anatômicos, os declíneos consideram que a divisão em quadrantes é mais adequada para a localização de sítios de dor, tumores e outras anormalidades na cavidade abdominopélvica.

Figura 1.9 Cavidade abdominopélvica. As nove regiões. Os órgãos genitais internos na cavidade pélvica são mostrados nas Figuras 23.1 e 23.8.

A designação de nove regiões é utilizada para estudos anatômicos.

(a) Vista anterior mostrando a localização de nove regiões abdominopélvicas

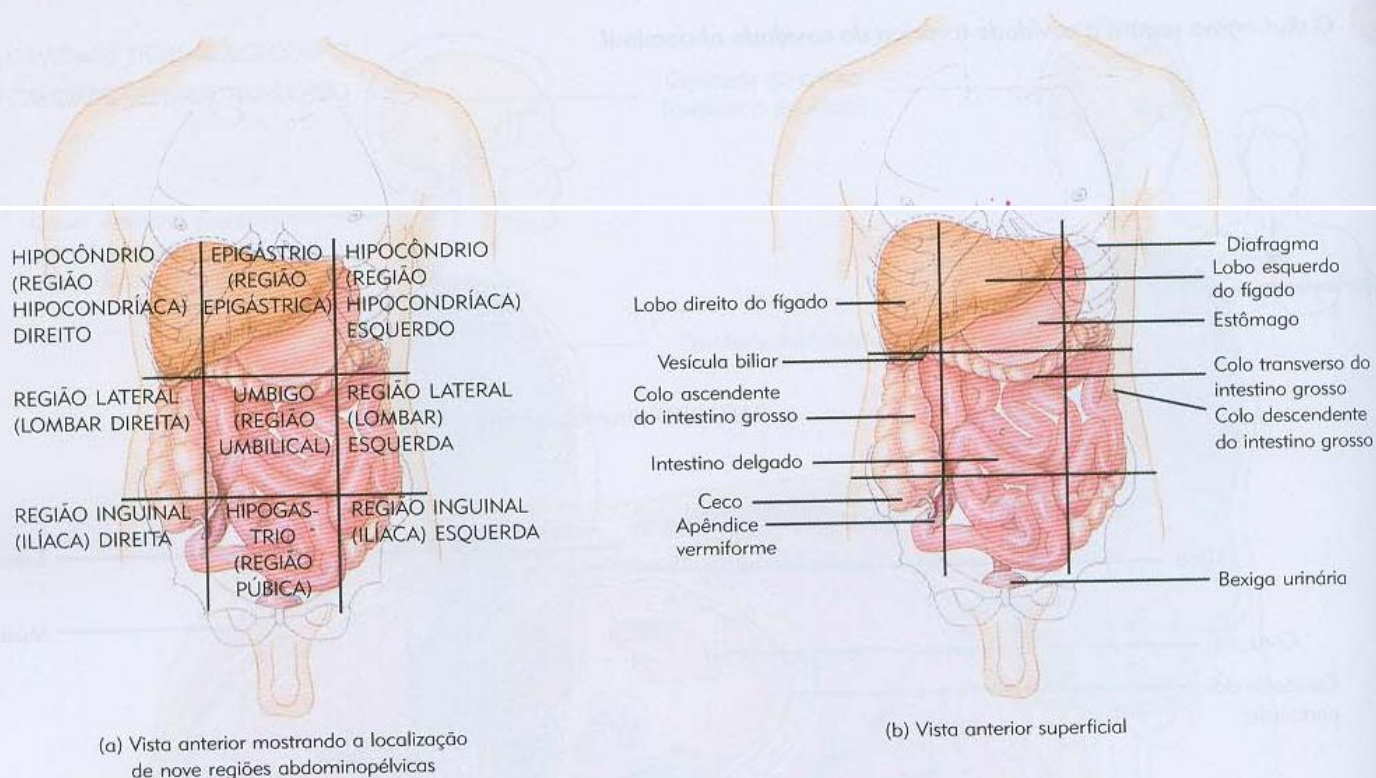
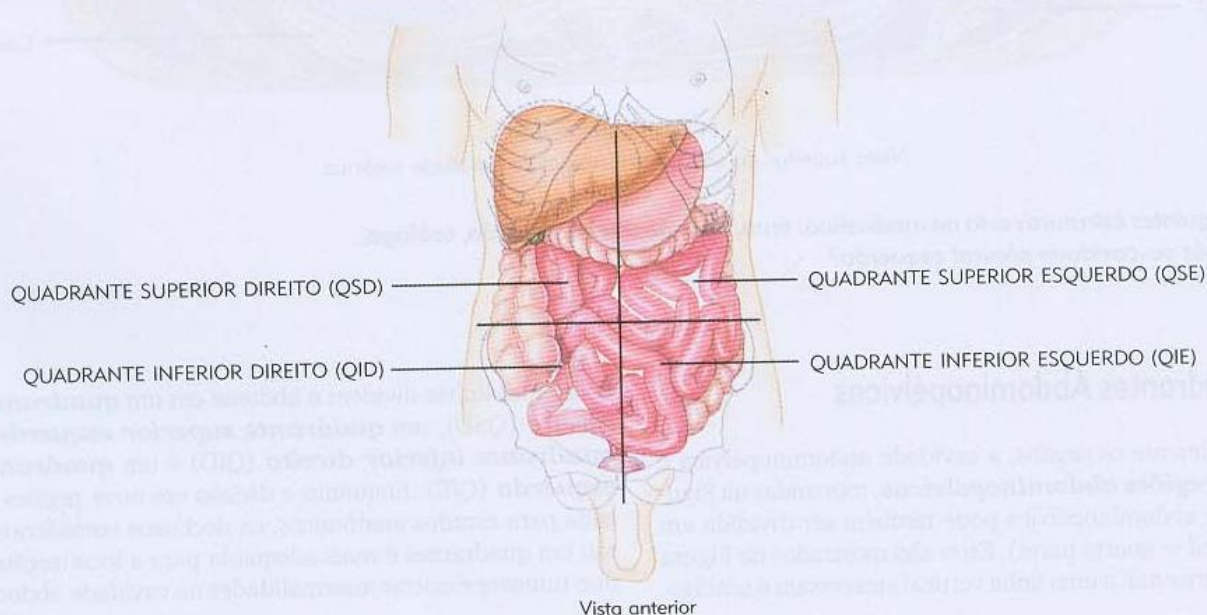
(b) Vista anterior superficial

P ***Em qual região abdominopélvica está cada um dos seguintes órgãos: a maior parte do fígado, o colo transverso, a bexiga urinária e o apêndice vermiforme?***

Figura 1.10 Quadrantes da cavidade abdominopélvica. As duas linhas cruzam-se em ângulos retos no umbigo.

A designação de quadrantes é utilizada para localizar sítios de dor, tumor ou outra anormalidade.

Vista anterior

P ***Em qual quadrante sentir-se-ia a dor de uma apendicite (inflamação do apêndice vermiforme)?***

foco no bem-estar

Homeostase é a Base

Você tem visto o termo "homeostase" definido como uma condição na qual o meio interno do corpo – o líquido intersticial – permanece dentro de certos limites fisiológicos. Certo. Agora, o que isso significa para você no seu dia-a-dia? Bem, pode significar bastante, dependendo de onde você estiver e o que estiver fazendo.

Homeostase: O Poder de Curar

A habilidade do corpo em manter a homeostase dá-lhe um tremendo poder de cura e uma notável resistência ao abuso. Mas, para a maioria das pessoas, boa saúde durante a vida não acontece por acaso. Dois fatores importantes para este equilíbrio denominado saúde são o meio ambiente e o próprio comportamento do indivíduo. Sua homeostase é afetada pelo ar que você respira, pela comida que você come e também pelos seus pensamentos.

A maneira que você vive pode ajudar ou interferir com a habilidade de seu corpo em manter a homeostase e recuperar-se dos inevitáveis estresses que a vida coloca em seu caminho. Consideremos o estresse imposto por um simples resfriado. Você está favorecendo seus processos naturais de cura quando você se cuida. Bastante repouso e ingestão de líquidos permitem que o sistema imunológico realize seu trabalho. O resfriado faz seu curso e você logo estará de pé novamente.

Se, em vez de se cuidar, você continuar fumando dois maços de cigarro ao dia, não se alimentar adequadamente e passar diversas noites acordado estudando para um exame de anatomia e fisiologia, você interferirá com a habilidade do sistema imunológico em rejeitar microrganismos invasores e trazer o corpo de volta à homeostase e à boa saúde. Outras infecções tomarão vantagem de seu estado enfraquecido, e logo o resfriado terá se transformado em uma bronquite ou pneumonia.

Homeostase e Prevenção

Muitas doenças são o resultado de anos de comportamento pouco recomendáveis para sua saúde, que interferem na tendência natural de seu corpo de manter a homestase. Um exemplo óbvio é a doença relacionada ao fumo. O tabaco expõe o sensível tecido pulmonar a muitas substâncias químicas que causam câncer e que prejudicam a capacidade pulmonar de se recuperar. Doenças como o enfisema e o câncer de pulmão são difíceis de tratar e muito raramente curados. Por isso, é muito mais sábio deixar de fumar (ou nunca começar), que esperar que seu médico o "conserte" quando você for diagnosticado com a doença.

Isso não significa dizer que todas as doenças são resultado de maus hábitos. Ainda não entendemos o que causa muitas doenças, e temos pouco ou nenhum controle sobre o seu desenvolvimento. E mesmo quando os hábitos do estilo de vida tenham contribuído para o desenvolvimento de uma doença, devemos reconhecer que a mudança de hábitos é difícil e, desta forma, devemos evitar culpar a vítima quanto ao aparecimento de doenças.

O Estilo de Vida Saudável

Durante muitos anos, a palavra "saúde" foi utilizada para significar simplesmente uma ausência de doenças. Muitas pessoas sentiram que havia mais na saúde que simplesmente não estar doente. O termo "bem-estar" passou a ser utilizado para indicar um tipo de saúde de alto nível, representando mais que a ausência de doença, e incluindo o bem-estar em todos os aspectos de sua vida, não apenas no físico. O conceito de bem-estar é baseado na noção de que as escolhas do estilo de vida que você faz ao longo dos anos têm um importante impacto no seu bem-estar mental, físico e espiritual. Bem-estar significa assumir responsabilidade por sua saúde, prevenir acidentes e doenças e ter um seguro de saúde, quando necessário. O bem-estar encoraja a conscientização do consumidor e promove o estabelecimento de sistemas e ambientes sociais conducentes a um comportamento saudável. Embora a prevenção de doenças seja um importante objetivo do estilo de vida de bem-estar, a doença e a incapacidade não o impedem, já que bem-estar significa fazer o possível para maximizar seu potencial pessoal para um ótimo bem-estar e para construir uma vida significativa e recompensadora.

Pensamento Crítico

Quais hábitos de saúde você adquiriu nos vários anos passados para prevenir doença ou aumentar a capacidade de seu corpo para a manutenção da saúde e da homeostase?

O cardiologista George Sheehan uma vez disse que, quando pensava sobre expectativa de vida, ele preferia pensar sobre o que esperava da vida. De que forma essa declaração ilustra o conceito de bem-estar?

Resumo dos Estudos

Definição de Anatomia e Fisiologia (p. 2)

1. Anatomia é o estudo da estrutura e da relação entre as estruturas do corpo.
2. Fisiologia é o estudo de como as estruturas do corpo funcionam.

Níveis de Organização Estrutural (p. 2)

1. O corpo humano consiste de vários níveis de organização: químico, celular, tecidual, orgânico, sistêmico e do organismo.
2. As células são as unidades estruturais e funcionais básicas de um organismo.
3. Os tecidos consistem de grupos de células de especialidade similar.
4. Os órgãos são estruturas compostas por dois ou mais tecidos diferentes, têm funções específicas e têm normalmente uma forma reconhecível.
5. Os sistemas consistem de associações de órgãos que tenham uma função comum.
6. O organismo humano é uma coleção de sistemas integrados estrutural e funcionalmente.
7. Os sistemas do corpo humano são o tegumentar, o esquelético, o muscular, o nervoso, o endócrino, o cardiovascular (circulatório), o linfático e o imunológico, o respiratório, o digestório, o urinário e o genital (veja o Quadro 1.1).

Como os Sistemas do Corpo Funcionam em Conjunto (p. 2)

1. Todos os sistemas do corpo trabalham juntos para manter a saúde e proteger contra as doenças.
2. Cada sistema interage com os outros para auxiliar o organismo a funcionar como um todo.

Processos Vitais (p. 5)

1. Todas as formas vivas apresentam certas características que as distinguem de coisas não vivas.
2. Entre os processos vitais nos seres humanos estão o metabolismo, a responsividade, o movimento, o crescimento, a diferenciação e a reprodução.

Homeostase: Mantendo os Limites Fisiológicos (p. 5)

1. Homeostase é a condição na qual o meio interno (líquido intersticial do corpo) permanece dentro de certos limites fisiológicos em termos de composição química, temperatura e pressão.
2. Todos os sistemas do corpo tentam manter a homeostase.
3. A homeostase é controlada principalmente pelos sistemas nervoso e endócrino.

Estresse e Homeostase (p. 5)

1. Estresse é um estímulo interno ou externo que cria uma mudança no meio interno.
2. Se o estresse age no corpo, mecanismos homeostáticos tentam contrabalançar os seus efeitos e trazer as condições de volta ao normal.

Homeostase da Pressão Sangüínea (p. 5)

1. A pressão sangüínea é a força exercida pelo sangue quando passa pelos vasos sangüíneos, especialmente as artérias.
2. Se o estresse causa um aumento dos batimentos cardíacos, a pressão sangüínea também aumenta. Células nervosas sensíveis à pressão presentes em certas artérias informam o encéfalo, e este responde enviando impulsos nervosos que diminuem os batimentos cardíacos, dessa forma diminuindo a pressão sangüínea até seus níveis normais.
3. Qualquer ciclo de eventos no qual a informação sobre o estado de alguma condição é continuamente retroalimentada a uma região de controle é denominado um sistema de retroalimentação.
4. Um sistema de retroalimentação consiste de (1) um centro de controle que determina o ponto no qual uma condição controlada deve ser mantida, (2) receptores que monitoram mudanças na condição controlada e mandam a informação (entrada) ao centro de controle e (3) efetores que recebem a informação (saída) do centro de controle e produzem uma resposta (efeito).
5. Se uma resposta reverte o estímulo original, o sistema é de retroalimentação negativa.
6. Se uma resposta aumenta o estímulo original, o sistema é de retroalimentação positiva.

Posição Anatômica (p. 7)

1. Em posição anatômica, o indivíduo encontra-se de pé, em posição ereta, de frente para o observador, com os membros superiores nos lados do tronco, as palmas das mãos voltadas para a frente e os pés nivelados no solo.
2. As partes do corpo têm nomes anatômicos e nomes comuns para as diferentes regiões. Exemplos incluem cranial (crânio), torácica (peito), braquial (braço), patelar (joelho), cefálica (cabeça) e glútea (nádegas).

Termos de Direção (p. 8)

1. Os termos de direção indicam a relação de uma parte do corpo com outra.
2. Os termos de direção comumente utilizados são superior (em direção à cabeça ou parte superior de uma estrutura), inferior (distante da cabeça ou em direção à parte inferior de uma estrutura), anterior (próximo ou na parte da frente do corpo), posterior (próximo ou no dorso do corpo), medial (mais próximo à linha mediana do corpo ou de uma estrutura), intermédio (entre as estruturas medial e lateral), proximal (mais próximo à fixação de uma extremidade ao tronco ou estrutura), distal (mais distante da fixação de uma extremidade ao tronco ou estrutura), superficial (em direção à ou na superfície do corpo) e profundo (distante da superfície do corpo).

Planos e Secções (Cortes) (p. 8)

1. Planos são superfícies imaginárias planas usadas para dividir o corpo ou órgãos em áreas definidas. Um plano sagital mediano é um plano através da linha mediana do corpo, que divide o corpo (ou órgão) em lados direito e esquerdo iguais. Um plano parassagital (sagital paramediano) é um

plano que não passa através da linha mediana do corpo e divide o corpo ou órgãos em lados esquerdo e direito desiguais. Um plano frontal (coronal) divide o corpo em porções anterior e posterior. Um plano transversal (horizontal) divide o corpo em porções superior e inferior. Um plano oblíquo passa através do corpo ou órgãos em um ângulo entre os planos transversal e sagital mediano, sagital paramediano e frontal.

2. Secções resultam de cortes através de estruturas corporais. Elas são denominadas de acordo com o plano no qual o corte é feito e incluem secções transversais, secções frontais e secções sagitais medianas.

Cavidades do Corpo (p. 10)

1. Os espaços do corpo que contêm órgãos internos são chamados de cavidades.
2. As cavidades dorsal e ventral são as duas cavidades principais do corpo.
3. A cavidade dorsal é subdividida em cavidade craniana, que contém o encéfalo, e o canal vertebral, que contém a medula espinhal e o começo dos nervos espinhais.
4. A cavidade ventral está subdividida pelo diafragma em uma cavidade torácica, superior, e uma cavidade abdominopélvica, inferior.
5. A cavidade torácica contém duas cavidades pleurais, a cavidade pericárdica e o mediastino.
6. O mediastino contém uma massa de tecidos entre os pulmões que se estende do osso esterno até a coluna vertebral. Ele contém todas as estruturas da cavidade torácica com exceção dos pulmões.
7. A cavidade abdominopélvica está dividida em cavidades abdominal, superior e pélvica inferior. Nenhuma estrutura específica as divide.
8. As vísceras (órgãos) da cavidade abdominal incluem o estômago, o baço, o pâncreas, o fígado, a vesícula biliar, o intestino delgado e a maior parte do intestino grosso.
9. As vísceras da cavidade pélvica incluem a bexiga urinária, o colo sigmóide, o reto e os órgãos genitais internos femininos e masculinos.

Regiões e Quadrantes Abdominopélvicos (p. 13)

1. Para descrever facilmente a localização de órgãos, a cavidade abdominopélvica pode ser dividida em nove regiões.
2. Os nomes das nove regiões abdominopélvicas são: epigástrica, hipocondríca direita, hipocondríaca esquerda, umbilical, lateral (lombar) direita, lateral (lombar) esquerda, púbica (hipogástrica), inguinal (ilíaca) direita e inguinal (ilíaca) esquerda.
3. A cavidade abdominopélvica pode também ser dividida em quadrantes pela passagem de linhas imaginárias horizontal e vertical através do umbigo.
4. Os nomes dos quadrantes abdominopélvicos são: quadrante superior direito (QSD), quadrante superior esquerdo (QSE), quadrante inferior direito (QID) e quadrante inferior esquerdo (QIE).

Auto-avaliação

1. Qual dos seguintes NÃO é verdadeiro:
a. A estrutura de uma parte do corpo determina sua função. b. Quando células não-especializadas tornam-se especializadas, o processo é conhecido como diferenciação. c. O crescimento, a reparação ou a reposição de células é conhecido como responsividade. d. A digestão de alimentos para obtenção de energia contida neles é parte do metabolismo de seu corpo. e. O movimento é considerado um dos importantes processos vitais.

2. Faça as associações:

____ a. Transporta oxigênio, nutrientes e dióxido de carbono.	A. sistema cardiovascular (circulatório)
____ b. Digere e absorve alimento.	B. sistema digestório
____ c. Movimento corporal, postura e produção de calor.	C. sistema endócrino
____ d. Regula as atividades por meio de hormônios.	D. sistema tegumentar
____ e. Sustenta e protege o corpo.	E. sistema muscular
____ f. Regula a composição química do sangue.	F. sistema esquelético
____ g. Protege o corpo e regula a temperatura do corpo	G. sistema urinário

3. Quais das seguintes listas ilustram melhor a idéia dos níveis crescentes de complexidade organizacional?
a. químico, tecidual, celular, orgânico, de organismo, sistêmico. b. químico, celular, tecidual, orgânico, sistêmico, de organismo. c. celular, químico, tecidual, de organismo, orgânico, sistêmico. d. químico, celular, tecidual, sistêmico, orgânico, de organismo. e. tecidual, celular, químico, orgânico, sistêmico, de organismo.

4. Preencha os espaços em branco na seguinte tabela:

SISTEMA	ÓRGÃOS PRINCIPAIS	FUNÇÕES
Tegumentar	a. ____	b. ____
c. ____	Vasos linfáticos, baço, timo, tonsilas, linfonodos	d. ____
e. ____	f. ____	Supre oxigênio às células, elimina dióxido de carbono, regula o equilíbrio ácido-básico
Genital	g. ____	h. ____
i. ____	Rins, bexiga urinária, ureteres, uretra	j. ____

5. Homeostase é:
a. a soma de todas as reações químicas no corpo b. a forma de reprodução envolvendo apenas um sexo c. a combinação de crescimento, a reparação e a liberação de energia que é básica à vida d. o meio interno permanecendo dentro de certos limites fisiológicos e. causado pelo estresse

6. Qual dos seguintes é normalmente controlado por um sistema de retroalimentação positiva?
a. pressão sangüínea b. freqüência cardíaca c. açúcar do sangue d. trabalho de parto e. temperatura corporal

7. Uma coceira na sua região axilar faria você coçar:
   a. sua axila b. a parte anterior de seu cotovelo c. seu pescoço d. a parte superior de sua cabeça e. sua panturrilha
8. Seu nariz é_______________aos seus lábios.
   a. inferior b. lateral c. superior d. profundo e. posterior
9. Seu crânio é_______________em relação ao encéfalo.
   a. intermédio b. superior c. profundo d. superficial e. proximal
10. A mão é_______________ao punho.
   a. distal b. posterior c. medial d. proximal e. anterior
11. Um mágico está para separar o corpo de seu assistente em porções superior e inferior. O plano através do qual ele atravessará sua espada mágica é o:
   a. sagital mediano b. frontal c. transversal d. sagital paramediano e. oblíquo
12. As glândulas sudoríparas estão incluídas no sistema:
   a. urinário b. digestório c. endócrino d. tegumentar e. linfático e imunológico
13. A vesícula biliar é parte do sistema:
   a. urinário b. digestório c. endócrino d. tegumentar e. linfático e imunológico
14. Faça as associações:

____	a. Contém a bexiga urinária e os órgãos genitais.	A.	cavidade craniana
____	b. Contém o encéfalo.	B.	cavidade abdominal
____	c. Cavidade que contém o coração.	C.	canal vertebral
____	d. Região entre os pulmões, do esterno até a coluna vertebral.	D.	cavidade pélvica
____	e. Separa as cavidades torácica e abdominal.	E.	cavidade pleural
____	f. Contém os pulmões.	F.	cavidade pélvica
____	g. Contém a medula espinhal.	G.	mediatismo
____	h. Contém o estômago, o pâncreas e o fígado.	H.	diafragma
		I.	cavidade pericárdica

15. Para encontrar a bexiga urinária, você olharia para:
   a. região hipocondríaca b. região umbilical c. região epigástrica d. região inguinal (ilíaca) e. região púbica (hipogástrica)
16. Se uma pessoa está para ter seu apêndice vermiforme removido, que região o cirurgião prepararia para a cirurgia?
   a. quadrante superior direito b. quadrante inferior direito c. quadrante superior esquerdo d. quadrante inferior esquerdo e. região hipocondríaca esquerda

Aplicação do Pensamento Crítico

1. Uma mulher passa correndo por você no parque. Liste todos os sistemas do corpo que você possa se lembrar que são afetados pelo exercício. Descreva como estes sistemas auxiliam na manutenção da homeostase.
2. O termo "hipocondríaco" significa abaixo (*hypo-*) da cartilagem (*-chondrio*). Explique por que esta região da cavidade abdominopélvica recebeu este nome. (Veja as figuras do capítulo, se necessário.) Você pode pensar em um motivo pelo qual uma pessoa com muitas doenças imaginárias é chamada de "hipocondríaca"?
3. Taylor estava tentando bater o recorde da maior permanência de cabeça para baixo em uma barra paralela. Ele não conseguiu bater o recorde mas pode ter quebrado seu braço. O técnico da sala de emergência gostaria de ter um raio X do seu braço na posição anatômica. Use os termos anatômicos apropriados para descrever a posição do braço de Taylor no raio X.
4. O café da manhã de hoje teve uma barra de chocolate grande e uma xícara de café. Desenhe um sistema de retroalimentação negativa, mostrando como seu corpo mantém a homeostase após o estresse causado em seu meio interno, após esta refeição.
5. Seu amigo é levado às pressas ao hospital com uma dor abdominal aguda. É tomada a decisão de remover seu apêndice vermiforme. Descreva a localização do apêndice vermiforme dentro da cavidade abdominopélvica, utilizando a terminologia anatômica.
6. Imagine que uma nave espacial tripulada aterrisse em Marte. O astronauta especialista observa formas encaroçadas, que podem ser formas de vida ou bolas de lama. Quais são algumas das características dos organismos vivos que podem auxiliar o astronauta a determinar se estas são formas de vida ou bolas de lama?

Respostas às Perguntas das Figuras

1.1 Nível orgânico.

1.2 Em sistemas de retroalimentação negativa, a resposta reverte o estímulo original; em sistemas de retroalimentação positiva, a resposta aumenta o estímulo original. Os sistemas de retroalimentação negativa tendem a manter as condições que requerem um monitoramento e ajuste freqüentes dentro dos limites fisiológicos; os sistemas de retroalimentação positiva estão envolvidos com condições que não ocorrem freqüentemente e que não requerem um ajuste contínuo.

1.3 O indivíduo de pé, ereto, de frente ao observador, os pés estão apoiados no chão, os membros superiores situados lateralmente com as palmas das mãos voltadas para a frente.

1.4 Não, não, sim, sim, não.

1.5 Plano frontal.

1.6 Plano sagital mediano.

1.7 P, A, T, A, A, T, P, T, A, P, A.

1.8 Timo, coração, esôfago, aorta.

1.9 Epigástrica, umbilical, púbica (hipogástrica), inguinal (ilíaca) direita.

1.10 Quadrante inferior direito.

objetivos do aprendizado

capítulo 2

INTRODUÇÃO À QUÍMICA

uma visão geral

Muitas substâncias comuns que ingerimos – como água, açúcar, sal e azeite de cozinha – têm um papel vital na manutenção das nossas vidas. Neste capítulo, você aprenderá como estas substâncias funcionam em seu corpo. Pelo fato de seu corpo ser composto de substâncias químicas e todas as atividades corporais terem uma natureza química, é importante que você se familiarize com a linguagem e as idéias básicas da química.

Introdução à Química Básica

Elementos Químicos

Todas as coisas vivas e não-vivas consistem de ***matéria***, que é tudo que ocupa espaço e tem massa (a quantidade de matéria que uma substância contém). A matéria pode existir como um sólido, líquido ou gás. Todas as formas de matéria são compostas de um número limitado de unidades básicas chamadas de ***elementos químicos***, os quais não podem ser desdobrados em substâncias mais simples por meio de reações químicas comuns. Por hora, os cientistas reconhecem 109 elementos diferentes. Os elementos químicos são designados abreviadamente por letras chamadas de ***símbolos químicos***: H (hidrogênio), C (carbono), O (oxigênio), N (nitrogênio), Na (sódio), K (potássio), Fe (Ferro) e Ca (Cálcio).

Vinte e seis destes elementos são encontrados no organismo humano. Oxigênio, carbono, hidrogênio e nitrogênio constituem aproximadamente 96% da massa corpórea. Outros elementos como cálcio, fósforo, potássio, enxofre, sódio, cloro, magnésio, iodo e ferro constituem aproximadamente 3,9% da massa corpórea. Outros treze elementos químicos encontrados no corpo humano são chamados de ***elementos-traço,*** por serem encontrados em baixas concentrações, e constituem o 0,1% restante (Quadro 2.1).

Estrutura dos Átomos

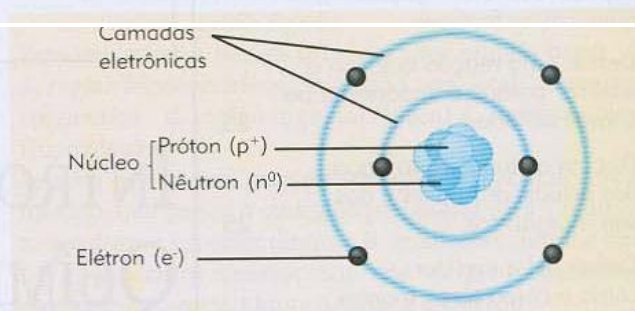
Objetivo: *Descrever a estrutura de um átomo.*

Cada elemento químico é constituído de ***átomos***, as menores unidades da matéria que entram nas reações químicas. Um elemento é composto unicamente de um mesmo tipo de átomo. Uma amostra do elemento carbono, como o carvão puro, contém somente átomos de carbono. Um tanque de oxigênio contém somente átomos de oxigênio.

Um átomo consiste de duas partes básicas: o núcleo e os elétrons (Figura 2.1). O ***núcleo***, centralmente localizado, contém partículas positivamente carregadas, chamadas de ***prótons*** (p^+), e partículas sem cargas, chamadas de ***nêutrons*** (n^0). Pelo fato de cada próton ter uma carga positiva, o núcleo por si só tem carga positiva. Os ***elétrons*** (e^-) são partículas negativamente carregadas que se movem ao redor do núcleo. O número de elétrons em um átomo é sempre igual ao número de prótons. Pelo fato de cada elétron ter uma carga negativa, este último e o próton, positivamente carregado, equilibram-se mutuamente, sendo o átomo eletricamente neutro. Como você verá mais adiante, certos átomos podem ganhar ou perder elétrons quando participam de reações químicas.

O que faz os átomos de um elemento serem diferentes dos átomos de outro elemento? A resposta é o número de prótons. A Figura 2.2 mostra que um átomo de hidrogênio contém um próton.

Figura 2.1 Estrutura de um átomo. Nesta versão altamente simplificada de um átomo de carbono, observe o núcleo centralmente localizado. O núcleo contém 6 nêutrons e 6 prótons, embora nem todos sejam visíveis neste diagrama. Os seis elétrons movem-se ao redor do núcleo, em regiões chamadas de camadas eletrônicas, aqui mostradas como círculos.

Um átomo é a menor unidade de matéria que está envolvida em uma reação química.

P *O que é o número atômico deste átomo?*

Um átomo de hélio contém dois. Um átomo de carbono contém seis, e assim por diante. Cada tipo diferente de átomo tem um número diferente de prótons no seu núcleo. O número de prótons em um átomo é chamado de seu ***número atômico***. Assim sendo, cada tipo de átomo, ou elemento, apresenta um número atômico diferente. O número total de prótons e nêutrons em um átomo é chamado de ***número de massa***. Dessa forma, um átomo de sódio tem número de massa de 23, porque em seu núcleo há 11 prótons e 12 nêutrons.

Átomos e Moléculas

Quando os átomos se combinam com ou se separam de outros átomos, ocorre uma ***reação química***. No processo, novos produtos com propriedades diferentes são formados. As reações químicas são a base de todos os processos vitais.

São os elétrons de um átomo que participam em uma reação química. Os elétrons movimentam-se ao redor do núcleo, em regiões (mostradas como circunferências na Figura 2.2) chamadas de ***camadas eletrônicas***. Cada camada eletrônica pode conter um número máximo de elétrons. Por exemplo, a camada eletrônica mais próxima do núcleo não pode conter mais que dois elétrons, não importa o elemento. Essa camada é denominada primeira camada eletrônica. A segunda camada eletrônica não pode conter mais que oito elétrons. A terceira camada eletrônica pode conter até 18 elétrons. Camadas eletrônicas superiores (existem sete camadas eletrônicas ao todo) podem conter muitos mais elétrons.

Um átomo sempre tenta preencher sua camada eletrônica mais externa com o número máximo de elétrons que ela possa suportar. Para que isto aconteça, o átomo pode doar, receber ou compartilhar um elétron com outro átomo – o que for mais fácil. A ***valência*** (capacidade de combinação) é o número de elétrons extras disponíveis ou deficientes na camada eletrônica mais externa.

Quadro 2.1 Elementos Químicos Encontrados no Corpo

ELEMENTO QUÍMICO (SÍMBOLO)	PERCENTAGEM DA MASSA CORPORAL TOTAL	OBSERVAÇÕES
Oxigênio (O)	65,0	Constituinte da água e das moléculas orgânicas (que contêm carbono e hidrogênio, produzidas por um sistema vivo); necessário para respiração celular, que produz trifosfato de adenosina (ATP), uma substância química rica em energia nas células.
Carbono (C)	18,5	Encontrado em toda molécula orgânica.
Hidrogênio (H)	9,5	Constituinte da água, de todos os alimentos e da maior parte das moléculas orgânicas; quando é um cátion (íon carregado positivamente, H^+), é um ácido.
Nitrogênio (N)	3,2	Componente de todas as proteínas e ácidos nucleicos. Os ácidos nucleicos são o ácido desoxirribonucleico (DNA) e o ácido ribonucleico (RNA).
Cálcio (Ca)	1,5	Contribui para a rigidez de ossos e dentes; necessário para muitos processos corporais, por exemplo, coagulação sangüínea e contração muscular.
Fósforo (P)	1,0	Componente de muitas proteínas, ácidos nucleicos e trifosfato de adenosina (ATP); necessário para a estrutura normal de ossos e dentes.
Potássio (K)	0,4	É o cátion (K^+) mais abundante dentro das células; importante na condução de impulsos nervosos e contração muscular.
Enxofre (S)	0,3	Componente de muitas proteínas.
Sódio (Na)	0,2	É o cátion (Na^+) mais abundante fora das células; essencial no sangue para manter o equilíbrio de água; necessário para a condução de impulsos nervosos e contração muscular.
Cloro (Cl)	0,2	É o ânion mais abundante (partícula negativamente carregada, Cl^-) fora das células; essencial no sangue e no fluido intersticial para manter o equilíbrio de água.
Magnésio (Mg)	0,1	Necessário para muitas enzimas funcionarem apropriadamente.
Iodo (I)	0,1	Vital à produção de hormônios pela glândula tireóide.
Ferro (Fe)	0,1	Os cátions (Fe^{2+} e Fe^{3+}) são componentes da hemoglobina (proteína carreadora de oxigênio no sangue) e de algumas enzimas necessárias para a produção de ATP.
Alumínio (Al), Boro (B), Cromo (Cr), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Flúor (F), Manganês (Mn), Molibdênio (Mo), Selênio (Se), Silício (Si), Estanho (Sn), Vanádio (V), Zinco (Zn)		Estes elementos são chamados de **elementos-traço** porque estão presentes em concentrações muito baixas.

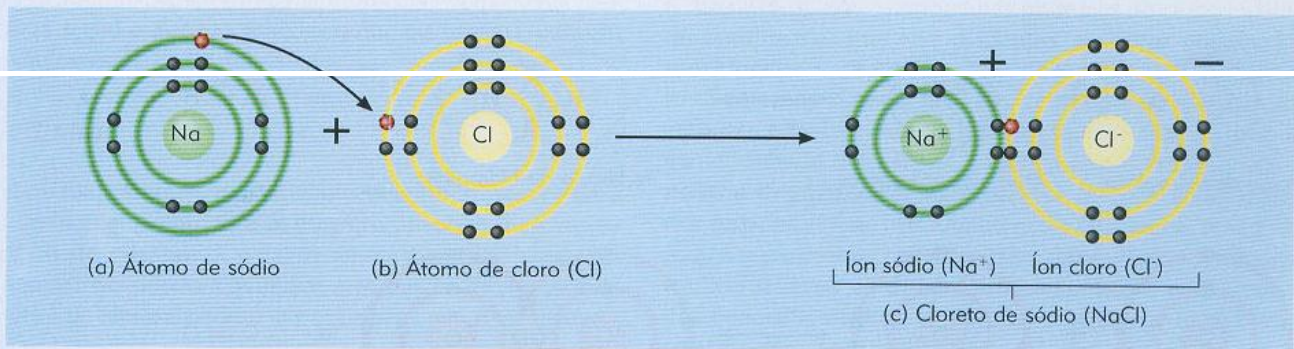
Compõem aproximadamente 96% da massa corpórea total.

Compõem aproximadamente 3,9% da massa corpórea total.

Compõem aproximadamente 0,1% da massa corpórea total.

Olhe para o átomo de cloro da Figura 2.2. Sua camada eletrônica mais externa, que neste caso é a terceira camada eletrônica, tem sete elétrons. Pelo fato de o terceiro nível desse átomo poder carregar 8 elétrons, uma forma estável é atingida com 8 elétrons. Assim sendo, um átomo de cloro com 7 elétrons pode-se dizer deficiente em um 1 elétron. De fato, o cloro geralmente tenta atrair um elétron a mais (veja a Figura 2.3b). O sódio, ao contrário, tem apenas 1 elétron na sua camada eletrônica mais externa (Figura 2.2), que, por acaso, é novamente a terceira camada. É muito mais fácil para um átomo de sódio livrar-se de um elétron que preencher o terceiro nível, ganhando outros sete elétrons (veja a Figura 2.3a). Os átomos de uns poucos elementos, como o hélio, têm sua camada eletrônica mais externa completamente preenchida, e não necessitam ganhar ou perder elétrons. Estes são chamados de ***elementos inertes*** e não se envolvem em reações químicas.

Figura 2.3 Formação de uma ligação iônica. (a) Um átomo de sódio se estabiliza através da doação de um único elétron para um receptor de elétrons. A perda deste único elétron resulta na formação de um íon sódio (Na^+). (b) Um átomo de cloro se estabiliza com a obtenção de um único elétron de um doador de elétrons. O ganho deste único elétron resulta na formação do íon cloro (Cl^-). (c) Quando Na^+ e Cl^- se combinam, eles são mantidos unidos pela atração de cargas opostas, que é conhecida como ligação iônica, e uma molécula de cloreto de sódio (NaCl) é formada.

Uma ligação iônica é uma atração que mantém unidos íons com cargas diferentes.

P ***Seria o potássio (K) mais provavelmente um doador ou um aceptor de elétrons? (Olhe novamente na Figura 2.2, para observar a estrutura atômica do K.)***

da metade preenchida, perdem elétrons, formando íons positivamente carregados, chamados de ***cátions.*** Outros exemplos de cátions são: o íon potássio (K^+), o íon cálcio (Ca^{2+}) e o íon ferro (Fe^{2+}).

Outro exemplo é a formação do íon cloreto (Figura 2.3b). O cloro apresenta um total de 17 elétrons, 7 dos quais na camada mais externa. Pelo fato de este nível energético poder carregar 8 elétrons, o cloro tende a receber um elétron perdido por outro átomo. O cloro é um ***aceptor de elétrons*** porque ele capta elétrons. Recebendo um elétron, ele adquire um total de 18 elétrons. Entretanto, ele ainda tem apenas 17 prótons no seu núcleo. O íon cloreto, então, tem uma carga negativa de um (-1) e é grafado Cl^-. Os átomos cuja camada eletrônica mais externa está mais que metade preenchida, tendem a ganhar elétrons e a formar íons negativamente carregados chamados de ***ânions***. Outros exemplos de ânions incluem o íon iodeto (I^-) e o íon sulfeto (S^{2-}).

O íon sódio, positivamente carregado (Na^+), e o íon cloreto, negativamente carregado (Cl^-), atraem-se – cargas opostas se atraem. A atração, chamada de uma ***ligação iônica***, mantém os dois íons juntos e uma molécula é formada (Figura 2.3c). A formação desta molécula é uma substância sólida, chamada de cloreto de sódio (NaCl) ou sal de cozinha, e é um dos exemplos mais comuns de ligação iônica. Assim, uma ligação iônica é uma atração entre íons, na qual um átomo perde elétrons e outro átomo ganha elétrons.

Ligações Covalentes

A ***ligação covalente*** é a ligação mais comum no corpo humano e é mais estável que uma ligação iônica. Quando uma ligação covalente é formada, nenhum dos átomos envolvidos perde ou ganha elétrons. Em vez disso, os dois átomos *compartilham* um, dois ou três pares de elétrons. Olhe o átomo de hidrogênio novamente. Uma maneira que o átomo de hidrogênio pode usar para completar sua camada eletrônica mais externa é combinar-se com outro átomo de hidrogênio para formar a molécula de H_2 (Figura 2.4a). Na molécula de H_2, os dois átomos compartilham um par de elétrons. Cada átomo de hidrogênio tem seu próprio elétron, mais um elétron do outro átomo. Quando um par de elétrons é compartilhado entre dois átomos, como na molécula de H_2, uma *única ligação covalente* é formada. Quando dois ou três pares de elétrons são compartilhados entre dois átomos, uma *ligação covalente dupla* (Figura 2.4b) ou *tripla* (Figura 2.4c) é formada.

Os mesmos princípios que se aplicam à ligação covalente entre átomos do mesmo elemento, também se aplicam a átomos de diferentes elementos. O metano (CH_4), também conhecido como "gás dos pântanos", é um exemplo de ligação covalente entre átomos de diferentes elementos (Figura 2.4d). A camada eletrônica mais externa do átomo de carbono pode conter 8 elétrons, mas possui apenas quatro dele mesmo. Cada átomo de hidrogênio pode conter dois elétrons, mas possui apenas um dele mesmo. Na molécula de metano, o átomo de carbono compartilha quatro pares de elétrons, um com cada átomo de hidrogênio.

Pontes de Hidrogênio

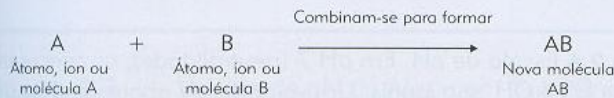
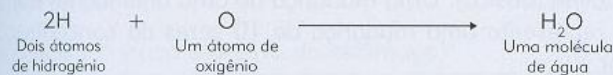
Uma ***ponte de hidrogênio*** consiste de um átomo de hidrogênio covalentemente ligado a um átomo de oxigênio ou a um átomo de nitrogênio, mas também atraído a um outro átomo de oxigênio ou de nitrogênio. Devido ao fato de as pontes de hidrogênio serem ligações fracas, não mais do que 5% da força das ligações covalentes, elas não ligam átomos em moléculas. Entretanto, elas servem para manter unidas diferentes moléculas ou várias partes da mesma molécula. Sendo ligações fracas, elas podem ser formadas e quebradas facilmente. As pontes de hidrogênio são encontradas

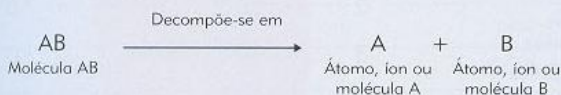
Reações Químicas

Objetivo: *Definir uma reação química e explicar porque ela é importante para o corpo humano.*

As ***reações químicas*** envolvem a formação ou o rompimento de ligações entre átomos. Estas reações ocorrem continuamente em todas as células de seu corpo. As reações químicas são os meios pelos quais as estruturas corporais são construídas e as funções corporais executadas. Após uma reação química, o número total de átomos permanece o mesmo, mas, por causa do rearranjo que ocorre entre os átomos, existem novas moléculas com novas propriedades. Esta seção enfoca as reações químicas básicas, comuns a todas as células vivas.

Reações de Síntese

Quando dois ou mais átomos, íons ou moléculas combinam-se para a formação de moléculas novas e maiores, o processo é chamado de uma ***reação de síntese***. A palavra *síntese* significa "combinação", e as reações de síntese envolvem a *formação de novas ligações*. As reações de síntese podem ser expressas como se segue:

Um exemplo de reação de síntese é:

Reações de Decomposição

O reverso de uma reação de síntese é a ***reação de decomposição***. A palavra *decompor* significa quebrar em partes menores. Em uma reação de decomposição, as *ligações são desfeitas* (quebradas). As moléculas grandes são desdobradas em moléculas menores, átomos ou íons. Uma reação de decomposição ocorre da seguinte maneira:

Sob condições apropriadas, o metano pode-se decompor em carbono e hidrogênio:

$CH_4 \longrightarrow C + 2H_2$

Uma molécula de metano → Um átomo de carbono + Quatro átomos de hidrogênio

Energia e Reações Químicas

Energia química é a energia liberada ou absorvida na quebra ou na formação de ligações químicas. Quando uma ligação química é formada, é requerida energia. Quando uma ligação química é quebrada, uma quantidade de energia é liberada. Em outras palavras, as reações de síntese necessitam de energia e as reações de decomposição liberam energia. Os processos de construção do corpo – a formação de ossos, o crescimento do cabelo e das unhas, a reposição de células danificadas – ocorrem basicamente através das reações de síntese. O desdobramento de alimentos, por outro lado, ocorre por meio das reações de decomposição, que liberam energia que pode ser utilizada nos processos de construção do corpo. Como você verá mais adiante, a energia das reações de decomposição é armazenada em uma molécula chamada de ATP (trifosfato de adenosina) até que seja necessária para o corpo no futuro. Então, quando se necessita energia para as reações de síntese, ela é fornecida pela quebra do ATP. Estas reações são explicadas em detalhe mais adiante, neste mesmo capítulo.

Compostos Químicos e Processos Vitais

A maior parte dos componentes químicos do corpo existe na forma de compostos, que são divididos em duas classes principais: inorgânicos e orgânicos. Os ***compostos inorgânicos*** são freqüentemente pequenos, em geral não apresentam átomos de carbono, e muitos contêm ligações iônicas. Eles incluem água, oxigênio, dióxido de carbono e muitos ácidos, bases e sais. Os ***compostos orgânicos*** sempre contêm carbono e são mantidos unidos principalmente, ou totalmente, por ligações covalentes. Compostos orgânicos no corpo incluem carboidratos, lipídios (tais como triglicerídeos ou gorduras), proteínas, ácidos nucleicos e trifosfato de adenosina. Ambos, compostos orgânicos e inorgânicos, são essenciais para as funções vitais.

Compostos Inorgânicos

Objetivo: *Discutir as funções da água e dos ácidos, das bases e dos sais inorgânicos.*

Água

Uma das substâncias inorgânicas mais abundantes no organismo humano é a ***água***. Em um homem adulto médio, a água constitui aproximadamente 60% do peso corporal. Com raras exceções, a água compõe a maior parte do volume das células e dos fluidos do corpo. As seguintes propriedades da água explicam porque ela é um componente tão vital:

1. **A água é um excelente solvente e meio de suspensão**. Um ***solvente*** é um líquido ou gás no qual algum outro material, chamado de ***soluto***, foi dissolvido. A combinação de solvente e soluto é chamada de ***solução***. A água é o solvente que carrega nutrientes, oxigênio e resíduos através do corpo. A água é também vital à sobrevivência como um meio de suspensão. Muitas moléculas orgânicas grandes são suspensas na água das células corporais, o que lhes permite entrar em contato com outros componentes químicos, proporcionando a ocorrência das reações químicas essenciais.
2. **A água pode participar de reações químicas**. Na digestão, a água auxilia na quebra de moléculas grandes de nutrientes. As moléculas de água também fazem parte de reações de síntese que produzem hormônios, enzimas e nutrientes tais como carboidratos, lipídios e proteínas.
3. **A água absorve e libera calor muito lentamente**. Em comparação com outras substâncias, a água requer um grande aporte de calor para aumentar sua temperatura e uma grande perda de calor para diminuir sua temperatura. Assim, a grande quantidade de água no corpo modera os efeitos de flutuações das temperaturas ambientais, auxiliando, desse modo, na manutenção da homeostase da temperatura corporal.

pH representa uma mudança de 10 vezes em relação à concentração anterior. Isto significa que, um pH 2, é 10 vezes mais ácido que um pH 3, e que um pH 1 é 100 vezes mais ácido que um pH 3.

Seus fluidos corporais devem manter um equilíbrio constante de ácidos e bases pelo fato de as reações bioquímicas que ocorrem em sistemas vivos serem extremamente sensíveis mesmo a pequenas alterações de acidez ou alcalinidade do meio. Qualquer modificação nas concentrações normais de H^+ e OH^- pode afetar seriamente uma função de uma célula.

Manutenção do pH: Sistemas de Tamponamento

Embora o pH dos vários fluidos corporais possa ser diferente, os limites normais de cada um são bastante específicos e estreitos. O Quadro 2.2 mostra os valores de pH para certos fluidos corporais comparados com substâncias comuns. Mesmo sabendo-se que ácidos e bases são continuamente ingeridos em forma de comidas e bebidas, os níveis de pH dos fluidos corporais permanecem relativamente constantes por causa dos ***sistemas de tamponamento*** do corpo. Os tampões são encontrados nos fluidos corporais. Eles previnem mudanças drásticas de pH e auxiliam na manutenção da homeostase. (Mais será dito sobre tampões no Capítulo 22.)

Quadro 2.2 Valores de pH de Algumas "Substâncias"

"SUBSTÂNCIA"	VALOR DE pH
Suco gástrico (suco digestivo do estômago)[a]	1,2-3,0
Suco de limão	2,2-2,4
Suco de "grapefruit", vinagre, vinho	3,0
Refrigerantes carbonatados	3,0-3,5
Fluido vaginal[a]	3,5-4,5
Suco de abacaxi, suco de laranja	3,5
Suco de tomate	4,2
Café	5,0
Urina[a]	4,6-8,0
Saliva[a]	6,35-6,85
Leite	6,6-6,9
Água destilada (pura)	7,0
Sangue[a]	7,35-7,45
Sêmen (fluido que contém espermatozóides)[a]	7,20-7,60
Líquido cerebrospinhal (fluido associado ao sistema nervoso)[a]	7,4
Suco pancreático (suco digestivo do pâncreas)[a]	7,1-8,2
Ovos	7,6-8,0
Bile (secreção do fígado que auxilia na digestão das gorduras)[a]	7,6-8,6
Leite de magnésia	10,0-11,0
Detergente	14,0

[a] "Substâncias" no corpo humano.

Compostos Orgânicos

Objetivo: *Discutir as funções dos carboidratos, dos lipídios e das proteínas.*

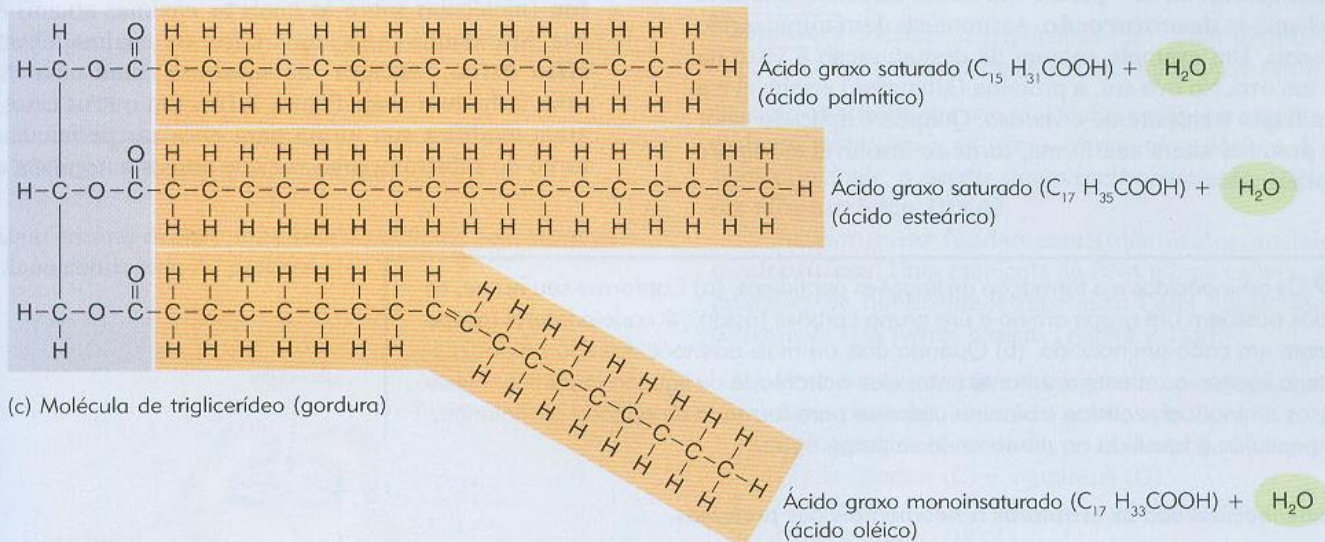
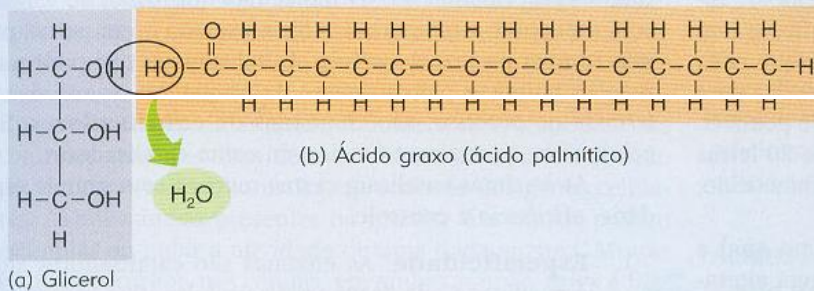
Carboidratos

Carboidratos são açúcares e amidos. Eles são a fonte de energia mais prontamente disponível no organismo. Eles também funcionam como reservas de energia. Por exemplo, o glicogênio (amido animal), que é glicose armazenada, é encontrado no fígado e nos músculos esqueléticos para necessidades energéticas de emergência. Alguns carboidratos são usados na construção de estruturas celulares. Além disso, alguns carboidratos são componentes do ácido desoxirribonucleico (DNA), a molécula portadora da informação hereditária, do ácido ribonucleico (RNA), a molécula envolvida na síntese proteica. DNA e RNA serão discutidos posteriormente.

Os carboidratos são compostos de carbono, hidrogênio e oxigênio. A proporção de átomos de hidrogênio para átomos de oxigênio é de tipicamente 2:1; por exemplo, glicose ($C_6H_{12}O_6$). Os carboidratos são divididos em três grupos principais com base no tamanho da molécula: monossacarídeos, dissacarídeos e polissacarídeos. Os monossacarídeos e os dissacarídeos são referidos como ***açúcares simples*** e os polissacarídeos como ***açúcares complexos*** (amidos).

1. ***Monossacarídeos*** (*mono* = um; *sakcharon* = açúcar) são açúcares simples e são as unidades básicas dos carboidratos. Os monossacarídeos contêm de três a sete átomos de carbono. A desoxirribose é um componente dos genes, e a glicose é a molécula principal para fornecimento de energia ao corpo.
2. ***Dissacarídeos*** (*di* = dois) são açúcares simples que consistem de dois pequenos monossacarídeos unidos quimicamente em uma molécula grande, mais complexa. Quando dois monossacarídeos combinam-se para formar um dissacarídeo, uma molécula de água é sempre perdida. Esta reação é conhecida como ***síntese por desidratação*** (desidratação = perda de água) e é mostrada na Figura 2.7. A glicose e a frutose são dois monossacarídeos que formam o dissacarídeo sacarose (açúcar comum). Os dissacarídeos podem ser desdobrados em suas moléculas menores e mais simples pela adição de água. Esta reação química inversa é chamada de ***hidrólise (digestão)***, que significa "quebrar pelo uso da água". A sacarose, por exemplo, pode ser hidrolisada (digerida) em glicose e frutose pela adição de água. Veja a Figura 2.7.
3. ***Polissacarídeos*** (*poly* = muitos) são açúcares complexos (amidos), que consistem de dezenas ou centenas de monossacarídeos unidos por reação de síntese por desidratação. Como os dissacarídeos, os polissacarídeos podem ser desdobrados em seus açúcares constituintes, por meio de reações de hidrólise. O glicogênio é um polissacarídeo.

Figura 2.8 Triglicerídeos. Estrutura e reações de (a) glicerol e (b) ácidos graxos. Cada vez que um glicerol e um ácido graxo são unidos pela síntese por desidratação, uma molécula de água é perdida. (c) Os triglicerídeos consistem de uma molécula de glicerol unida a três moléculas de ácidos graxos. Mostra-se aqui uma molécula de um triglicerídeo que contém dois ácidos graxos saturados e um ácido graxo monoinsaturado.

O glicerol e os ácidos graxos são as unidades básicas dos triglicerídeos.

Que tipo de gordura está associada com o aumento dos níveis sangüíneos de colesterol?

(saturado) (Figura 2.8c). As gorduras saturadas (e algum colesterol) ocorrem principalmente nos alimentos de origem animal, tais como carnes, produtos lácteos e ovos. Elas também ocorrem em alguns produtos de origem vegetal como manteiga de cacau, óleos de palmeiras e óleo de côco. Pelo fato de o fígado produzir colesterol a partir de produtos de desdobramentos de gorduras saturadas, desaconselha-se a ingestão destas gorduras por indivíduos com altos níveis de colesterol. ***Gorduras monoinsaturadas e poliinsaturadas*** são gorduras que não estão completamente saturadas com átomos de hidrogênio. Exemplos de monoinsaturados são azeite de oliva, óleo de canola e óleo de amendoim, que se acredita que ajudam a reduzir os níveis de colesterol. Óleo de milho, óleo de cardamomo, óleo de girassol, óleo de algodão, óleo de gergelim e óleo de soja são exemplos de gorduras poliinsaturadas, que os pesquisadores também acreditam que ajudam a reduzir o colesterol no sangue.

Proteínas

Proteínas são muito mais complexas em estrutura que carboidratos ou lipídios e estão envolvidas em numerosas atividades fisiológicas. As proteínas são grandemente responsáveis pela estrutura das células do corpo. Algumas proteínas, na forma de enzimas, funcionam como catalisadores para acelerar certas reações químicas (discutidas logo a seguir). Outras proteínas assumem um papel importante na contração muscular. Os anticorpos são proteínas que defendem o corpo contra micróbios invasores. Alguns tipos de hormônios são proteínas.

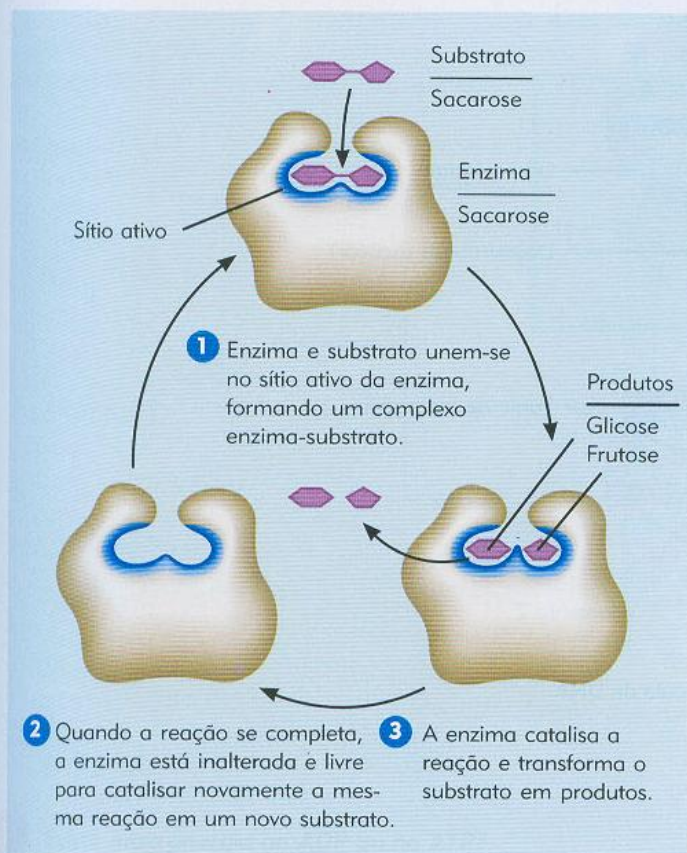
Quimicamente, as proteínas sempre contêm carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio e, algumas vezes, enxofre. Os ***aminoácidos*** são as estruturas fundamentais das proteínas. Cada aminoácido consiste de um *grupo amino* ($-NH_2$) básico (alcalino), um *grupo carboxílico* ($-COOH$) ácido e uma *cadeia lateral* (grupo R) que é

Das mais de 1.000 enzimas conhecidas, cada uma tem uma forma tridimensional característica, com uma superfície de formato específico, que permite que elas se reconheçam e liguem-se a certos substratos. Quando uma enzima é desnaturada, o sítio ativo perde seu formato único e não mais se encaixa no substrato.

2. **Eficiência**. Em condições ótimas, as enzimas podem catalisar reações da ordem de milhões, até bilhões, de vezes mais rapidamente que as das reações similares, porém sem a presença de enzimas. O *número de turnover* (número de moléculas de substrato convertidas em produto por molécula de enzima em 1 segundo) fica, geralmente, entre 1 e 10.000 e pode chegar até um valor de 600.000.
3. **Controle**. As enzimas estão sujeitas a uma variedade de controles celulares. Sua taxa de síntese e sua concentração em um dado momento estão sob controle dos genes celulares. As substâncias presentes no interior das células podem estimular ou inibir a atividade de uma dada enzima. Muitas enzimas ocorrem, nas células, em ambas formas, ativa e inativa.

Supõe-se que uma enzima funcione como mostrado na Figura 2.10.

Figura 2.10 Como funciona uma enzima?

Uma enzima acelera uma reação química sem ser alterada ou consumida no processo.

Qual parte de uma enzima combina-se com seu substrato?

1. O substrato entra em contato com o sítio ativo da molécula da enzima, formando um composto transitório chamado de ***complexo enzima-substrato***.
2. A molécula de substrato é transformada pelo rearranjo de seus átomos, pela sua quebra ou pela combinação de várias moléculas de substrato. As moléculas de substrato transformadas são chamadas de ***produtos*** da reação.
3. Após a reação se completar e os produtos da reação se afastarem da enzima, a enzima inalterada estará livre para se ligar a outra molécula de substrato.

Os nomes das enzimas geralmente terminam com o sufixo *-ase*. Todas as enzimas podem ser agrupadas de acordo com os tipos de reações químicas que elas catalisam. Por exemplo, *oxidases* adicionam oxigênio, *desidrogenases* removem hidrogênio, *hidrolases* adicionam água e *transferases* transferem grupos de átomos.

Ácidos Nucleicos: Ácido Desoxirribonucleico (DNA) e Ácido Ribonucleico (RNA)

Objetivo: *Explicar a importância do ácido desoxirribonucleico (DNA), do ácido ribonucleico (RNA) e do trifosfato de adenosina (ATP).*

Os ***ácidos nucleicos*** são moléculas orgânicas gigantes contendo carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio e fósforo. Existem dois tipos principais: o ***ácido desoxirribonucleico (DNA)*** e o ***ácido ribonucleico (RNA)***.

As estruturas fundamentais dos ácidos nucleicos são os ***nucleotídeos***. Uma molécula de DNA é uma cadeia composta de unidades de nucleotídeos repetidas. Cada nucleotídeo do DNA consiste de três partes básicas (Figura 2.11a):

1. Uma das quatro bases *nitrogenadas* possíveis, que são estruturas aneladas contendo átomos de C, H, O e N. As bases nitrogenadas encontradas no DNA são a adenina (A), a timina (T), a citosina (C) e a guanina (G).
2. Um açúcar pentose chamado de *desoxirribose*.
3. *Grupos fosfato* (PO_4^{3-}).

Os nucleotídeos são denominados de acordo com suas bases nitrogenadas. Por exemplo, um nucleotídeo contendo timina é chamado de *nucleotídeo timina*.

A Figura 2.11b mostra as seguintes características estruturais da molécula de DNA:

1. A molécula consiste de dois filamentos com bases transversais. Os filamentos se torcem um sobre o outro na forma de uma ***dupla hélice***, de tal maneira que se assemelham a uma escada retorcida.
2. As pontes verticais da escada de DNA consistem de grupos fosfatos alternados com porções de desoxirribose dos nucleotídeos.
3. Os degraus da escada contêm bases nitrogenadas pareadas. A adenina sempre pareia com a timina e a citosina sempre pareia com a guanina. Cerca de 1.000 degraus de DNA compreendem ***um gene***, uma porção de um filamento de DNA que compõe o material hereditário das células.

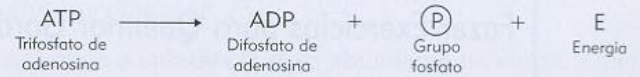
RNA contém a base nitrogenada uracila. Três tipos diferentes de RNA foram identificados nas células. Cada tipo tem um papel específico a desempenhar, juntamente com o DNA, nas reações de síntese proteica (veja o Capítulo 3).

Trifosfato de Adenosina (ATP)

Uma molécula que é indispensável à vida da célula é o ***trifosfato de adenosina (ATP)***. O ATP é encontrado universalmente nos sistemas vivos. Sua função essencial é armazenar energia para as atividades vitais básicas das células.

Estruturalmente, o ATP consiste de três grupos fosfato (PO_4^{3-}) e de uma unidade de adenosina composta de adenina e do açúcar ribose (Figura 2.12). O ATP libera uma grande quantidade de energia utilizável quando é desdobrado pela adição de uma molécula de água (hidrólise).

Quando o grupo fosfato terminal (aqui simbolizado como [P]) é hidrolisado, e, dessa forma, removido, a molécula modificada é chamada de ***difosfato de adenosina (ADP)***. Esta reação libera energia e é representada como se segue:

ATP → ADP + (P) + E
(Trifosfato de adenosina → Difosfato de adenosina + Grupo fosfato + Energia)

A energia fornecida pelo catabolismo do ATP em ADP é constantemente utilizada pela célula. Devido ao fornecimento de ATP em um dado momento ser limitado, existe um mecanismo de reabastecimento: um grupo fosfato é adicionado ao ADP para produzir mais ATP. A reação é representada como se segue:

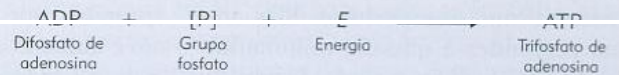
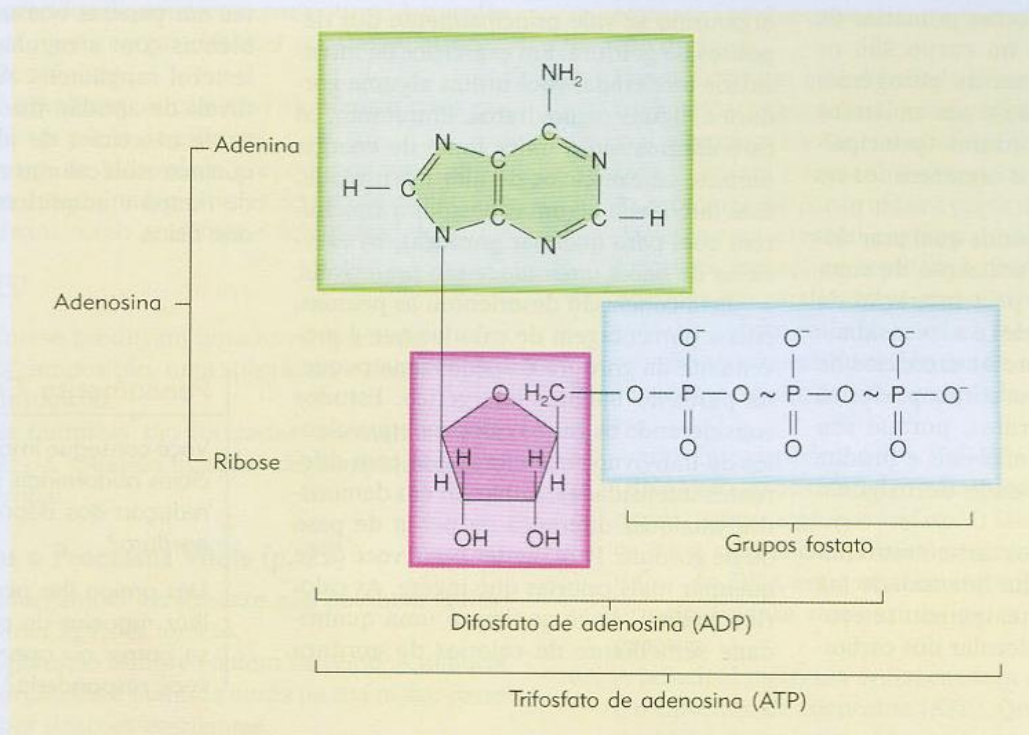
ADP + [P] + E → ATP
(Difosfato de adenosina + Grupo fosfato + Energia → Trifosfato de adenosina)

É necessária energia para a produção de ATP. Esta energia necessária para ligar um grupo fosfato ao ADP é suprida primariamente pelo desdobramento do monossacarídeo glicose na célula, em um processo chamado de respiração celular (Capítulo 20).

Figura 2.12 Estrutura do ATP e do ADP. As duas ligações fosfato que podem ser utilizadas na transferência de energia estão indicadas pelo símbolo til (~). Com mais freqüência, a transferência de energia envolve hidrólise das ligações fosfato terminais.

O ATP armazena energia química para várias atividades celulares.

Existe mais energia no ADP ou no ATP?

Resumo dos Estudos

Introdução à Química Básica (p. 20)

Elementos Químicos (p. 20)

1. Matéria é qualquer coisa que ocupe espaço e tenha massa. É constituída de unidades fundamentais denominadas elementos químicos.
2. Oxigênio, carbono, hidrogênio e nitrogênio perfazem 96% do peso corporal.

Estrutura dos Átomos (p. 20)

1. As unidades dos elementos químicos são chamadas de átomos.
2. Os átomos consistem de um núcleo, que contém prótons e nêutrons, e elétrons que se movimentam em torno do núcleo em camadas eletrônicas.
3. O número total de prótons em um átomo é seu número atômico. Este número é igual ao número de elétrons no átomo.
4. A soma de prótons e nêutrons em um átomo é o seu número de massa.

Átomos e Moléculas (p. 20)

1. Elétrons são partes de um átomo que participam em reações químicas.
2. Uma molécula consiste de dois ou mais átomos quimicamente combinados. Uma molécula contendo diferentes tipos de átomos é um composto.
3. Em uma ligação iônica, os elétrons da camada eletrônica mais externa são transferidos de um átomo para outro. A transferência forma íons, cujas cargas elétricas opostas se atraem, formando ligações iônicas.
4. Em uma ligação covalente, as camadas eletrônicas mais externas compartilham pares de elétrons.
5. A ligação por ponte de hidrogênio proporciona uma união temporária entre determinados átomos dentro de moléculas grandes e complexas como proteínas e ácidos nucleicos.

Reações Químicas (p. 25)

1. As reações de síntese produzem uma nova molécula.
2. Em reações de decomposição, uma substância é desmembrada em outras substâncias.
3. Quando ligações químicas são formadas, normalmente se necessita de energia. Quando ligações são rompidas ocorre liberação de energia.

Compostos Químicos e Processos Vitais (p. 25)

1. As substâncias inorgânicas geralmente não possuem carbono e muitas contêm ligações iônicas.
2. As substâncias orgânicas sempre contêm carbono. A maioria das substâncias orgânicas é mantida unida na sua maior parte ou totalmente, por ligações covalentes.

Compostos Inorgânicos (p. 25)

1. A água é a substância mais abundante no corpo. É um solvente e um meio de suspensão excelentes, participa de reações químicas, absorve e libera calor lentamente e lubrifica.
2. Ácidos, bases e sais inorgânicos dissociam-se em íons quando em solução aquosa. Cátions são íons positivamente carregados; ânions são íons negativamente carregados. Um ácido ioniza-se em H^+; uma base ioniza-se em OH^-. Um sal não se ioniza nem em íons H^+ nem em íons H^-.
3. O pH das diferentes partes do corpo deve manter-se razoavelmente constante para que o corpo permaneça saudável. Em uma escala de pH, o 7 representa a neutralidade. Valores abaixo de 7 indicam soluções ácidas; valores acima de 7, soluções alcalinas.
4. Os valores de pH das diferentes partes do corpo são mantidos por sistemas de tampões que eliminam o excesso de H^+ ou OH^- para manter a homeostase do pH.

Compostos Orgânicos (p. 27)

1. Carboidratos são açúcares ou amidos e são a fonte mais comum de energia necessária para a manutenção da vida. Podem ser monossacarídeos, dissacarídeos ou polissacarídeos. Carboidratos e outras moléculas orgânicas podem ser unidos para formar moléculas maiores a partir da perda de água (síntese por desidratação). No processo inverso, chamado de hidrólise (digestão), as moléculas maiores são decompostas em outras menores pela adição de água.
2. Lipídios são um grupo variado de compostos que inclui triglicerídeos (gorduras), fosfolipídios, esteróides, carotenos, vitaminas E e K e eicosanóides. Os triglicerídeos protegem, isolam e fornecem energia.
3. As proteínas são construídas a partir de aminoácidos. Elas dão estrutura ao corpo, regulam processos como enzimas, fornecem proteção e auxiliam a contração muscular.
4. Enzimas são catalisadores altamente específicos em termos dos substratos com os quais reagem, eficientes com relação ao número de moléculas de substrato com o qual reagem, e sujeitos a uma variedade de controles celulares.
5. Ácido desoxirribonucleico (DNA) e ácido ribonucleico (RNA) são ácidos nucleicos compostos de bases nitrogenadas, açúcar e grupos fosfato. O DNA é uma dupla-hélice e é a substância química principal dos genes. O RNA difere do DNA em estrutura e composição química e é principalmente responsável pelas reações de síntese proteica.
6. A principal molécula armazenadora de energia no corpo é o trifosfato de adenosina (ATP). Quando uma molécula de ATP é decomposta, libera-se energia e a molécula resultante é chamada de difosfato de adenosina (ADP). O ATP é produzido a partir do ADP e "P" principalmente utilizando-se energia proveniente da decomposição de glicose em um processo denominado respiração celular.

Aplicação do Pensamento Crítico

1. Uma imagem de ressonância magnética (RNM) detecta a resposta dos prótons ao efeito magnetizante das ondas de rádio. O que são os prótons? Onde eles são encontrados no corpo humano?
2. Um novo produto alimentício saudável é anunciado como "totalmente natural, sem aditivos químicos". Discuta a validade desta propaganda.
3. Após seu primeiro teste de Anatomia e Fisiologia, você está com azia (causada pelo excesso de secreção ácida no estômago). Qual comida ou bebida você poderia ingerir para tamponar o ácido estomacal? Explique o papel dos tampões no corpo.
4. Seu companheiro de laboratório, Nat, está fazendo Anatomia e Fisiologia pela terceira vez. Há pouco tempo atrás ele derramou o conteúdo de uma garrafa, marcada NaCl, sobre ele e você, e ele então se dirigiu ao chuveiro de emergência. Você deveria tê-lo seguido? Por quê?
5. Sua prima Edite adiciona leite e suco de limão ao seu chá. O chá agora apresenta estranhos grumos brancos flutuando nele. O que fez com que o leite coagulasse?
6. A lanchonete está servindo um almoço especial: hambúrguer, batatas fritas e um refrigerante. Liste os compostos orgânicos que você estará ingerindo, suas unidades estruturais básicas e seus usos no corpo.

Respostas às Perguntas das Figuras

2.1 Seis.

2.2 O hélio (He), porque tem sua camada eletrônica mais externa completamente preenchida.

2.3 O K é um doador de elétrons; quando ele se ioniza, ele se torna um cátion, o K^+.

2.4 Uma ligação iônica envolve a perda e o ganho de elétrons; uma ligação covalente envolve pares de elétrons compartilhados.

2.5 $CaCO_3$ é um sal e H_2SO_4 é um ácido.

2.6 Um pH de 6,82 é mais ácido que um pH de 6,91. Ambos pHs, 8,41 e 5,59, estão a 1,41 unidades de pH de distância do pH neutro (pH = 7).

2.7 Existem 6 carbonos na frutose e 12 na sacarose.

2.8 Gordura saturada.

2.9 Hidrólise.

2.10 Sítio ativo.

2.11 Timina.

2.12 ATP.

É ao nível da organização celular que as atividades essenciais à vida ocorrem e, também, onde os processos das doenças se originam. Uma ***célula*** é a unidade estrutural e funcional básica, viva do corpo. A ***citologia*** (*cyto* = célula; *logos* = estudo de) é o ramo da ciência que estuda as células. Este capítulo examina a estrutura, as funções e a reprodução das células.

A Célula Generalizada

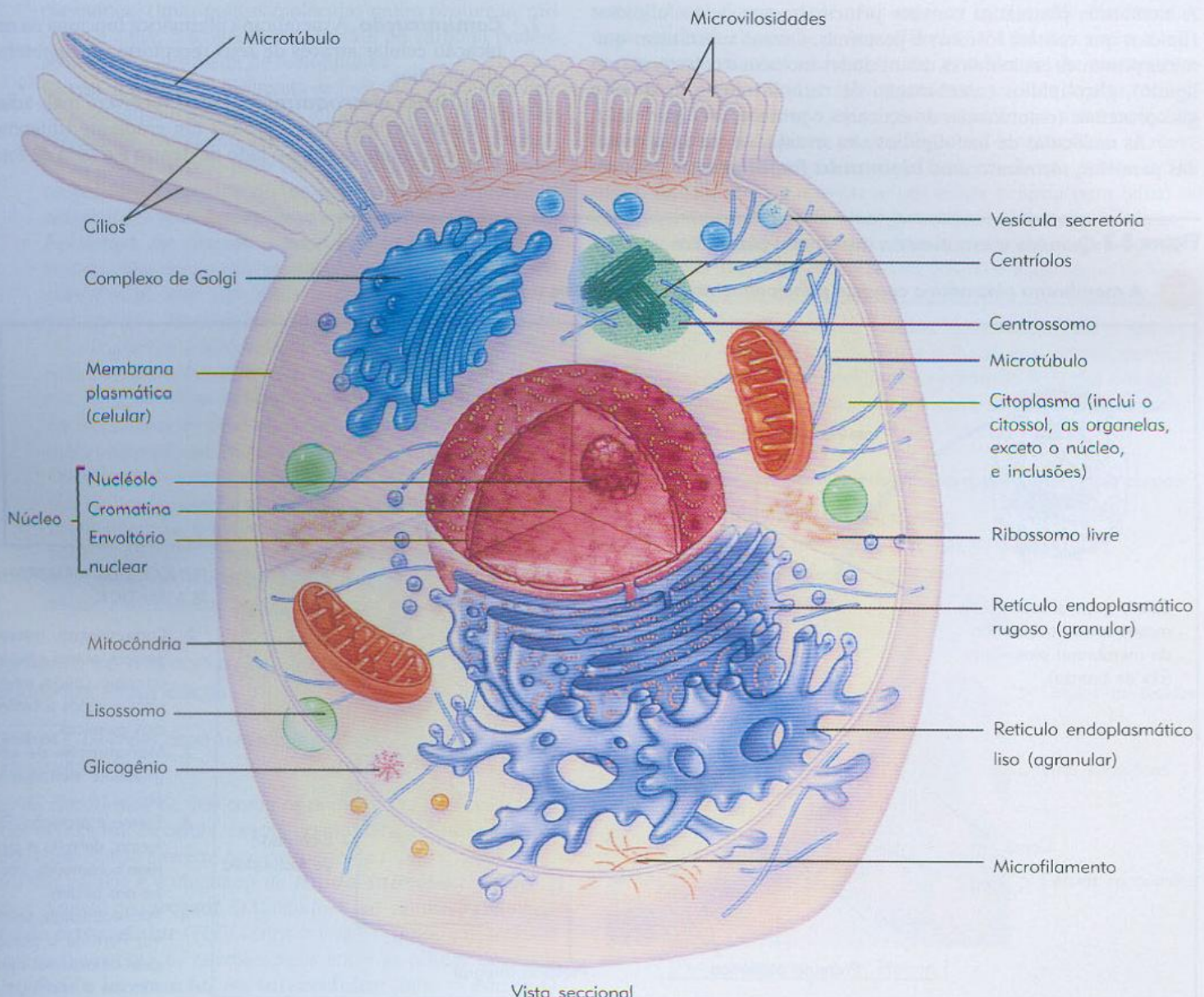
Objetivo: *Nomear as partes de uma célula generalizada.*

Uma ***célula generalizada*** é uma composição idealizada de muitas células diferentes no corpo. Embora tal célula não exista na realidade, ela foi montada para que possamos estudar as características comuns a muitas células de uma só vez. Como você verá adiante, diferentes células do corpo apresentam diferentes números e tipos de várias estruturas, dependendo de suas funções. Examine a célula generalizada na Figura 3.1.

Por conveniência, dividiremos a célula generalizada em três componentes principais:

1. ***Membrana plasmática (celular)***. A membrana limitante externa que separa as partes internas das células dos materiais extracelulares e do meio ambiente externo. (Os materiais extracelulares – substâncias na parte externa das células-serão examinados no Capítulo 4.)

Figura 3.1 A célula generalizada.

 A célula é a unidade básica, viva, estrutural e funcional do corpo.

P ***Quais os três componentes principais de uma célula?***

célula. Este gradiente é importante para o funcionamento apropriado da maioria das células.

3. ***Forma e proteção***. A membrana plasmática proporciona um limite flexível que dá forma às células e encerra e protege o seu conteúdo interno. Algumas proteínas de membrana podem também alterar a forma da membrana durante processos como a divisão celular, o movimento e a ingestão.
4. ***Permeabilidade seletiva***. A membrana plasmática regula a entrada e a saída de materiais. Ela permite a passagem de certas substâncias e restringe a passagem de outras. Esta propriedade das membranas é chamada de ***permeabilidade seletiva***. A permeabilidade seletiva de uma membrana plasmática a diferentes substâncias depende de vários fatores relacionados à estrutura da membrana:
   - **Solubilidade a lipídios**. As substâncias que se dissolvem em lipídios, tais como os esteróides e as vitaminas solúveis em gorduras (A, E, D e K), atravessam facilmente a bicamada de fosfolipídios da membrana plasmática.
   - **Tamanho**. A maioria das moléculas grandes, incluindo a maioria das proteínas, não atravessa a membrana plasmática. Umas poucas moléculas muito pequenas, tais como a água, o oxigênio e o dióxido de carbono podem atravessar a bicamada de fosfolipídios.
   - **Carga**. A porção de bicamada de fosfolipídios da membrana plasmática é impermeável a todos os íons. Alguns íons carregados, entretanto, podem passar através da membrana movendo-se pelo poro formado pela proteína integral ou pelo seu transporte de um lado a outro por proteínas integrais que funcionam como transportadoras (Figura 3.2).
   - ***Presença de canais e transportadores***. As membranas plasmáticas são permeáveis a uma variedade de substâncias que não podem atravessar a bicamada fosfolipídica. As proteínas de membrana auxiliam diversas substâncias a atravessarem a membrana, como se fossem uma balsa que atravessa o rio levando pessoas e carros. Estas proteínas integrais aumentam a permeabilidade da membrana de duas maneiras. Algumas proteínas formam poros preenchidos com água através da membrana. Outras atuam como transportadoras, captando uma substância e carregando-a até o outro lado da membrana antes de liberá-la. A maioria das proteínas que formam poros e funcionam como transportadoras são muito seletivas, permitindo somente a uma substância específica atravessar a membrana. Isso será descrito em breve.

Movimento de Materiais Através das Membranas Plasmáticas

Objetivo: *Descrever como os materiais movem-se através das membranas plasmáticas.*

Antes de discutirmos de fato como os materiais se movem para o interior e o exterior da célula, examinaremos os vários fluidos através dos quais eles se movem. A maior parte do fluido corporal está dentro das células e é chamado de ***fluido intracelular*** (FIC) (*intra* = dentro) ou ***citossol***. O fluido fora das células é chamado de ***fluido extracelular*** (FEC) (*extra* = fora). O fluido extracelular que preenche os espaços microscópicos entre as células dos tecidos é o ***fluido intersticial ou intercelular*** (*inter* = entre). O fluido extracelular em vasos sangüíneos é chamado de ***plasma*** (Figura 3.3), e em vasos linfáticos é chamado de ***linfa***. Os fluidos intersticiais contêm gases, nutrientes e íons, todos necessários para a manutenção da vida. Os fluidos intersticiais circulam nos espaços entre as células dos tecidos. Essencialmente, todas as células do corpo estão circundadas pelo mesmo meio fluido. Por esse motivo, o fluido intersticial é freqüentemente chamado de ***meio interno*** do corpo.

Os processos envolvidos no movimento de substâncias através das membranas plasmáticas são classificados como ***passivos*** ou ***ativos***. Nos ***processos passivos***, as substâncias movem-se através das membranas plasmáticas sem utilizar nenhuma energia celular (derivada da quebra do ATP). Ao invés disso, essas substâncias utilizam um tipo de energia chamada de energia cinética. A ***energia cinética*** é a energia do movimento das moléculas. Por causa dela, as moléculas em solução estão constantemente se movimentando, colidindo umas com as outras e movendo-se em várias direções. Outra característica dos processos passivos é o movimento de substâncias de regiões de alta concentração em direção a regiões de mais baixa concentração. Elas se movem de uma área onde existem em maior número para uma área onde são em menor número. Este movimento da altas para baixas concentrações continua até que as moléculas estejam igualmente distribuídas, uma condição chamada de ***equilíbrio***. A diferença entre altas e baixas concentrações é chamada de ***gradiente de concentração***. As moléculas que se movimentam de regiões de alta concentração em direção às de baixa concentração são ditas moléculas que se movem para *baixo* no gradiente de concentração. O movimento envolve somente a energia cinética de moléculas individuais. As substâncias movem-se por conta própria para baixo no gradiente de concentração. Nos ***processos ativos***, a célula utiliza parte de sua energia própria (proveniente da quebra do ATP). Vamos agora examinar os processos passivos e ativos.

Figura 3.3 Fluidos corporais. Fluidos intracelular (FIC) e extracelular (FEC). O fluido intracelular é o fluido encontrado dentro das células. O fluido extracelular é encontrado fora das células, nos vasos sangüíneos como plasma e entre as células dos tecidos como fluido intersticial.

O fluido intersticial é referido como o meio interno do corpo.

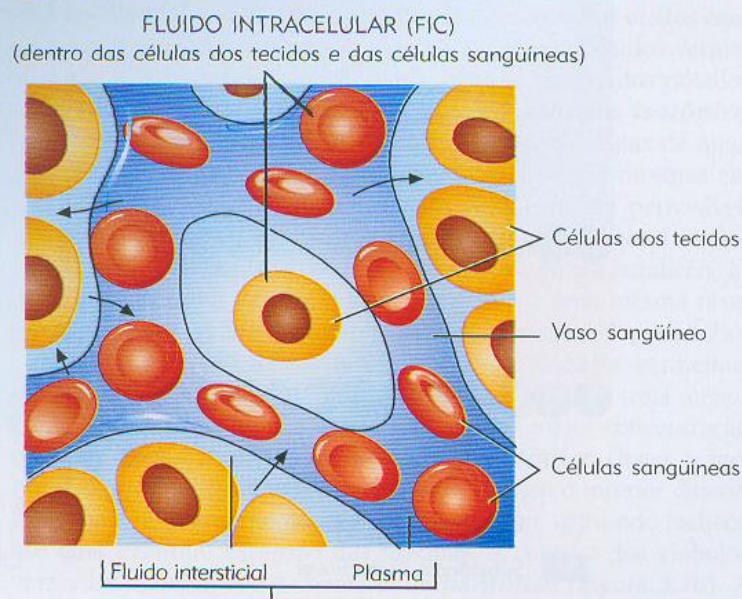
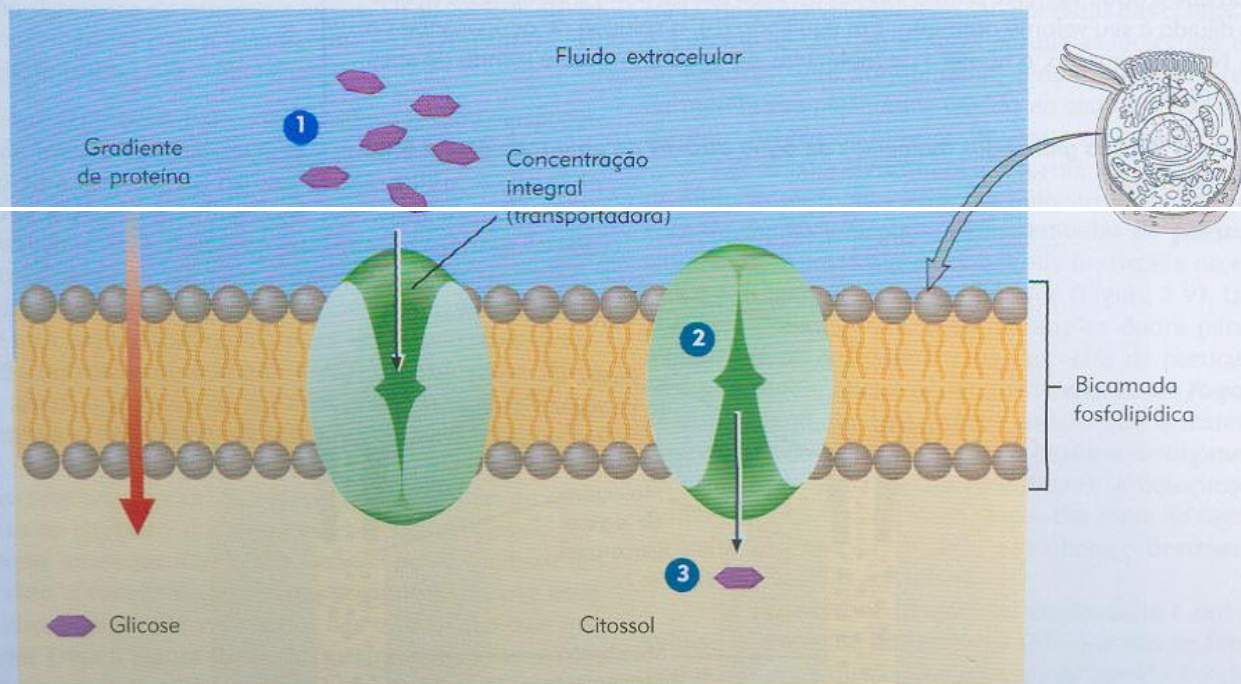
FLUIDO INTRACELULAR (FIC)
(dentro das células dos tecidos e das células sangüíneas)

P *Qual o outro nome dado ao fluido intracelular?*

Figura 3.5 Difusão facilitada. As substâncias com moléculas grandes, insolúveis em lipídios, movem-se através das membranas plasmáticas por difusão facilitada.

Na difusão facilitada, as proteínas integrais funcionam como transportadores (carreadores).

P *Necessita-se energia do ATP nesse processo? Por que ou por que não?*

Na difusão facilitada, a célula não utiliza energia da quebra do ATP, e o movimento de substâncias com moléculas relativamente grandes e insolúveis em lipídios vai da região de maior concentração para uma região de menor concentração.

Osmose A ***osmose*** é o movimento global de moléculas de água através de uma membrana seletivamente permeável, de uma região de maior concentração de água para uma região de menor concentração de água. A osmose refere-se apenas à água. As moléculas de água atravessam os poros nas proteínas integrais da membrana plasmática. Aqui novamente, a única energia utilizada é a energia cinética do movimento.

A aparelhagem mostrada na Figura 3.6 demonstra a osmose. Ela consiste de um saco de celofane que é uma membrana seletivamente permeável. O saco de celofane é preenchido com uma solução colorida de açúcar (sacarose) a 20% (20 partes de açúcar e 80 partes de água), e é colocado em um fisco de vidro contendo água destilada (pura) (0 partes de açúcar e 100 partes de água). Existe uma concentração de água menor dentro do saco que fora dele. Por causa dessa diferença de concentração, a água começa a se mover do frasco de vidro para dentro do saco de celofane. Essa passagem de água através de uma membrana seletivamente permeável produz uma pressão chamada de pressão osmótica. A ***pressão osmótica*** é a pressão necessária para interromper o fluxo de água através da membrana. Quanto maior for a concentração de soluto na solução, maior será a pressão osmótica. Não há movimento de açúcar para fora do saco, porque o celofane é impermeável às moléculas de açúcar: moléculas de açúcar são muito grandes para atravessarem os poros da membrana. À medida que a água se move para o interior do saco, a solução do açúcar tornou-se cada vez mais diluída e o aumento de volume e de pressão forçam a mistura a subir no tubo de vidro. Com o tempo, o peso da água acumulada dentro do saco de celofane e do tubo de vidro será igual à pressão osmótica, sendo que isso evita um aumento do volume de água nos tubos de vidro. Quando as moléculas de água entram e saem no saco de celofane em uma taxa igual, o equilíbrio foi atingido. A pressão osmótica é uma força importante para o movimento da água entre os vários compartimentos do corpo para que se mantenha a homeostase.

Soluções Isotônicas, Hipotônicas e Hipertônicas A osmose também pode ser compreendida por meio da consideração dos efeitos causados por diferentes concentrações de água nos glóbulos vermelhos sangüíneos. Para que se mantenha a forma normal dos glóbulos vermelhos, as células devem estar em uma ***solução isotônica*** (*iso* = mesmo), na qual as concentrações de moléculas de água (solvente) e de moléculas do soluto (sólido) são as mesmas em ambos os lados da membrana celular, seletivamente permeável. Em circunstâncias normais, uma solução a 0,9% de NaCl (sal) é isotônica aos glóbulos vermelhos sangüíneos. Nessa condição, as moléculas de água entram e saem da célula a uma mesma taxa, permitindo que a célula mantenha sua forma normal (Figura 3.7a).

Uma situação diferente resulta se os glóbulos vermelhos sangüíneos são colocados em uma solução que tenha uma menor concentração de solutos e, dessa forma, uma maior concentração de água. Essa é chamada de ***solução hipotônica*** (*hypo* = menor). As moléculas de água, então, entram para o interior das células mais rapidamente do que conseguem sair, causando inchaço até uma eventual explosão das mesmas. A ruptura dos glóbulos vermelhos sangüíneos é chamada de ***hemólise*** (Figura 3.7b). A água destilada é uma solução fortemente hipotônica.

Processos Ativos

Quando as células participam ativamente no movimento de substâncias através das membranas, elas devem gastar sua própria energia pela quebra do ATP. Tais processos, como dissemos anteriormente, são chamados de processos ativos. Os processos ativos que consideraremos aqui com algum detalhe são o transporte ativo e a endocitose (fagocitose e pinocitose).

Transporte Ativo O processo pelo qual substâncias são transportadas através de membranas plasmáticas, de uma região de baixa concentração para uma região de alta concentração, é chamado de ***transporte ativo***. O movimento se dá contra o gradiente de concentração (Figura 3.8). Estima-se que uma célula típica do corpo utilize até 40% do seu ATP para o transporte ativo.

No transporte ativo, a substância que se movimenta entra pelo poro de uma proteína integral e entra em contato com determinada região do canal. Ao contato, o ATP é quadrado e libera energia que altera o formato da proteína integral, que, por sua vez, movimenta a substância (para o interior ou exterior da célula).

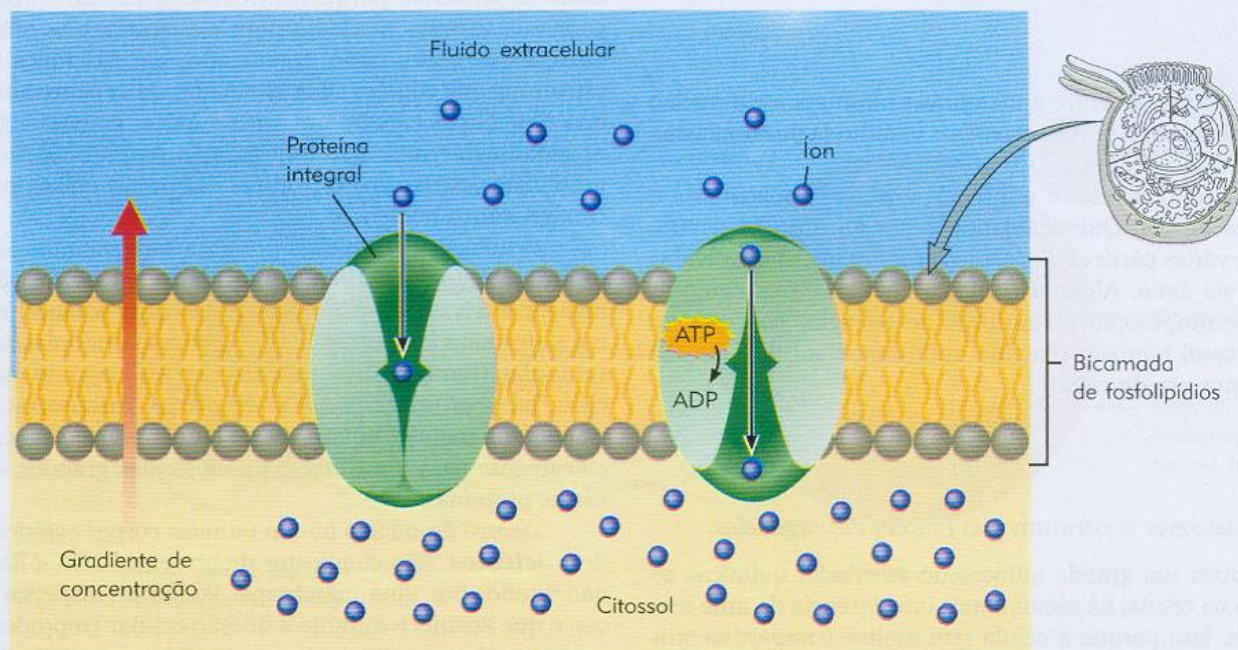
O transporte ativo é vital na manutenção das concentrações de alguns íons no interior e outros no exterior das células do corpo. Por exemplo, antes que uma célula nervosa possa conduzir um impulso nervoso, a concentração de íons potássio (K^+) deve estar consideravelmente mais alta no interior das células nervosas que no seu exterior (veja a Figura 9.4a). Ao mesmo tempo, as células nervosas devem ter uma concentração de íons sódio (Na^+) mais alta no exterior que no seu interior (veja a Figura 9.4a).

Endocitose Moléculas e partículas grandes atravessam as membranas plasmáticas por ***endocitose*** (*endo* = para dentro; *cyt* = célula; *osis* = processo), no qual uma porção da membrana plasmática circunda a substância, engloba, e a interioriza na célula. O processo reverso da endocitose é a ***exocitose*** (*exo* = de fora), na qual as substâncias são liberadas das células. A endocitose e a exocitose são importantes porque as moléculas e as partículas de material, que normalmente teriam passagem restrita através da membrana plasmática devido ao seu tamanho grande, podem ser movidas para o interior ou para o exterior da célula.

Agora consideraremos de forma mais detalhada dois tipos de endocitose: a fagocitose e a pinocitose. Na ***fagocitose***, projeções da membrana plasmática chamadas de ***pseudópodos*** circundam uma partícula sólida grande localizada no exterior da célula e carregam-na para seu interior (Figura 3.9). Uma vez que a partícula é circundada, a membrana se dobra para dentro, formando um saco de membrana em volta da partícula. Este saco, recém-formado, que se denomina ***vesícula de fagocitose***, separa-se da membrana plasmática, sendo que o material sólido no interior da vesícula é digerido por enzimas de organelas chamadas de lisossomos (discutidas logo adiante). A fagocitose é um mecanismo de defesa vital para o corpo. Por meio da fagocitose, certos glóbulos brancos sangüíneos englobam e destroem bactérias e outras substâncias estranhas.

Na ***pinocitose***, o material englobando é um líquido extracelular, ao invés de um material sólido, e não se formam pseudópodos. Ao invés disso, uma gotícula de líquido é atraída à superfície da membrana. A membrana se dobra para dentro, formando

Figura 3.8 Transporte ativo. A substância transportada move-se das baixas concentrações em direção às altas concentrações e a célula utiliza energia proveniente da quebra do ATP.

O transporte ativo é necessário para manter as concentrações iônicas apropriadas no interior e no exterior das células para a condução do impulso nervoso.

Por que esse processo é considerado ativo?

Quadro 3.1 Resumo dos Processos pelos Quais as Substâncias Se Movem Através de Membranas

PROCESSO	DESCRIÇÃO
Processos passivos	As substâncias movem-se através de um gradiente de concentração de uma área de alta concentração, ou pressão, para uma de baixa concentração, ou pressão; não há gasto de energia (ATP) pela célula.
Difusão simples	Movimento global de moléculas ou íons, devido à sua energia cinética, de uma área de alta concentração para uma de baixa concentração até que seja alcançado um equilíbrio.
Difusão facilitada	Difusão de moléculas maiores através de uma membrana seletivamente permeável, com a ajuda de proteínas de membrana que agem como carreadoras.
Osmose	Movimento global de moléculas de *água* devido à energia cinética através de uma membrana seletivamente permeável de uma área de alta concentração para uma de baixa concentração de água até que seja alcançado um equilíbrio. A concentração de soluto produz pressão osmótica.
Filtração	Movimento de solventes (como a água) e solutos (como a glicose) através de uma membrana seletivamente permeável como resultado da gravidade ou pressão hidrostática (da água) de uma área de maior pressão para uma de menor pressão.
Processos ativos	As substâncias movem-se contra um gradiente de concentração de uma área de baixa concentração para uma de alta concentração; a célula deve gastar energia (ATP).
Transporte ativo	Movimento de substâncias através de uma membrana seletivamente permeável de uma região de baixa concentração para uma de alta concentração, utilizando proteínas de membrana como carreadoras; o processo requer gasto de energia.
Endocitose	Movimento de partículas e moléculas grandes através da membrana plasmática no qual a membrana circunda a substância e a traz para dentro da célula. Exemplos incluem fagocitose (a célula "come") e pinocitose (a célula "bebe").
Exocitose	As substâncias são exportadas da célula por um processo de endocitose reversa.

Figura 3.10 Núcleo com um nucléolo.

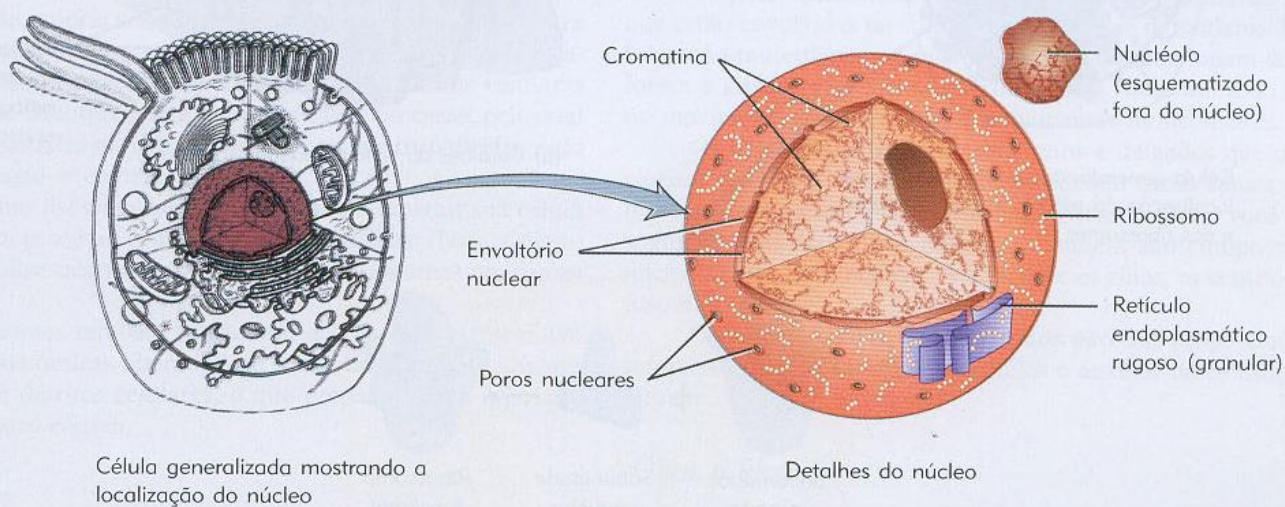
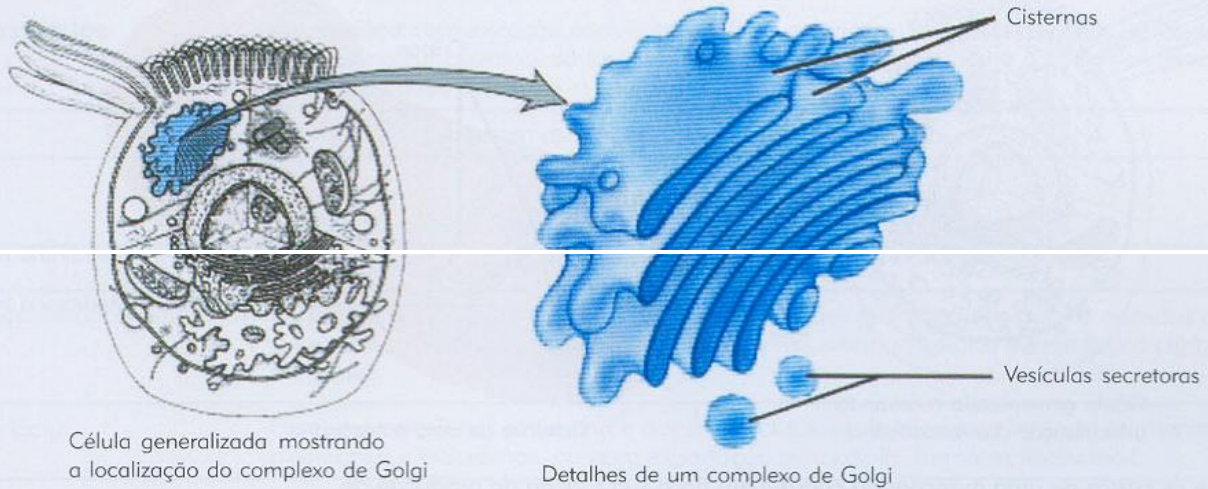
O núcleo contém a maioria dos genes, que estão localizados nos cromossomos.

Por que o núcleo é chamado de centro de controle da célula?

Figura 3.12 Complexo de Golgi.

Todas as proteínas destinadas à exportação da célula passam para as vesículas secretórias.

Qual a principal função do complexo de Golgi?

empacota e despacha-os para inclusão na membrana plasmática e nos lisossomos (descrito a seguir). Todas as proteínas destinadas à exportação da célula passam para o interior das ***vesículas secretoras*** (grânulos de secreção), que são estruturas que liberam as proteínas para o exterior da célula por meio de exocitose.

Lisossomos

Os ***lisossomos*** (*lysis* = dissolução; *soma* = corpo) são sacos delimitados por membranas, formados a partir do complexo de Golgi e que contêm enzimas digestivas poderosas capazes de degradar muitos tipos de moléculas (veja a Figura 3.1). Essas enzimas são, também, capazes de digerir bactérias e outras substâncias que penetram na célula em vesículas de fagocitose (veja a Figura 17.5). Os glóbulos brancos sangüíneos, que ingerem bactérias por fagocitose contêm um grande número de lisossomos.

Os lisossomos também utilizam suas enzimas para reciclar as moléculas da própria célula. Um lisossomo pode englobar outra organela, digeri-la e retornar os componentes digeridos para o citossol para sua reutilização. Dessa maneira, as estruturas celulares desgastadas são continuamente renovadas. Esse processo, pelo qual organelas desgastadas são digeridas é chamado de ***autofagia*** (*auto* = próprio; *phagio* = comer).

As enzimas lisossômicas também podem destruir sua célula hospedeira, um processo conhecido como ***autólise*** (*lysis* = dissolução). A autólise ocorre após a morte e em algumas condições patológicas.

Os lisossomos também funcionam na digestão extracelular. As enzimas lisossômicas liberadas em locais de ferimento ajudam na digestão de detritos celulares, o que prepara a área injuriada para o seu reparo efetivo.

Mitocôndrias

Estruturas pequenas arredondadas ou em forma de bastão, chamadas de ***mitocôndrias*** (*mitos* = fio; *chondros* = grânulos), aparecem distribuídas pelo citoplasma. Devido à sua função de geradora de energia, elas são referidas como "casas de força" da célula (Figura 3.13). Uma mitocôndria consiste de duas membranas, cada qual similar em estrutura à membrana plasmática. A membrana mitocondrial externa é lisa, mas a membrana interna é arranjada em uma série de dobras chamadas de ***cristas***. A posição central de uma mitocôndria contém a ***matriz***.

As cristas proporcionam uma superfície enorme para as reações químicas, e é nelas que o ATP é produzido. As células que gastam muita energia, tais como as musculares, hepáticas dos túbulos renais, apresentam uma grande quantidade de mitocôndrias.

Citoesqueleto

O citossol possui uma estrutura interna que consiste de microfilamentos, microtúbulos e filamentos intermediários, em conjunto referidos como o ***citoesqueleto*** (veja a Figura 3.1). Todas essas estruturas são constituídas por proteínas diferentes.

Os ***microfilamentos*** são estruturas em forma de bastão que estão envolvidas na contração das células musculares. Em células não-musculares, os microfilamentos proporcionam suporte, forma e auxiliam na locomoção de células como um todo (como no movimento dos fagócitos) e movimentos intracelulares.

Os ***microtúbulos*** são tubos retos e delgados que proporcionam suporte e forma às células e servem como canais para o movimento de substâncias através do citossol. Como você verá a seguir, outras estruturas celulares também são compostas por microtúbulos. Elas incluem os flagelos e os cílios, os centríolos e o fuso mitótico.

Os ***filamentos intermediários*** parecem proporcionar um reforço estrutural em algumas células e auxiliar na contração em outras.

Cílios e Flagelos

Algumas células do corpo possuem projeções para a movimentação da célula inteira ou para a movimentação de substâncias ao longo de sua superfície. Se as projeções são poucas (geralmente são únicas ou em pares) e alongadas, elas são chamadas de ***flagelos***. Flagelo significa "chicote". O único exemplo de flagelo no cor-

Quadro 3.2 Partes das Células e Suas Funções

PARTE	FUNÇÕES
Membrana plasmática	Proporciona comunicação com outras células e várias substâncias químicas, estabelece um gradiente eletroquímico, dá forma e proteção e regula a entrada e a saída de materiais (permeabilidade seletiva).
Citossol	É o meio onde ocorrem as reações químicas.
Organelas	
Núcleo	Contém os genes e, assim, controla as atividades celulares.
Ribossomos	Sítio da síntese proteica.
Retículo endoplasmático (RE)	Proporciona superfície para muitos tipos de reações químicas; ribossomos aderidos ao RER sintetizam proteínas que serão secretadas; o REL sintetiza lipídios e desintoxica certas moléculas.
Complexo de Golgi	Processa, seleciona, empacota e distribui proteínas e lipídios para inclusão na membrana plasmática e lisossomos, ou para exportação pela célula; forma os lisossomos.
Lisossomos	Digere estruturas celulares e micróbios estranhos.
Mitocôndria	Sítio de produção de ATP.
Citoesqueleto	
Microfilamentos	Envolvidos na contração das células musculares; proporcionam suporte e forma; auxiliam no movimento celular e intracelular.
Microtúbulos	Proporcionam suporte e forma; formam canais condutores intracelulares; auxiliam no movimento celular; formam flagelos, cílios, centríolos e o fuso mitótico.
Filamentos intermediários	Proporcionam reforço estrutural em algumas células.
Flagelos e cílios	Permitem o movimento da célula toda (flagelos) ou movimento de partículas ao longo da superfície celular (cílios).
Centrossomo e centríolos	Os centrossomos auxiliam na organização do fuso mitótico durante a divisão celular; os centríolos formam e regeneram flagelos e cílios.

Figura 3.15 Tradução.

Durante a tradução, a informação contida no RNAm especifica a seqüência de aminoácidos de uma proteína.

O que é um gene para a síntese proteica?

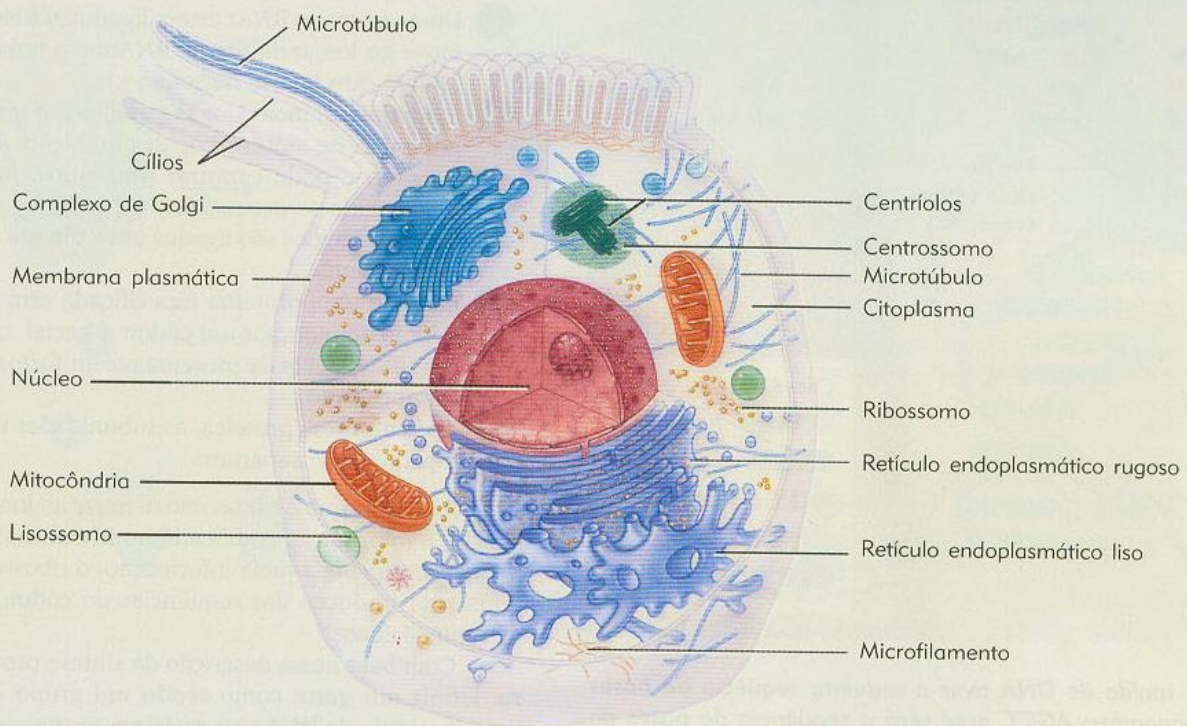
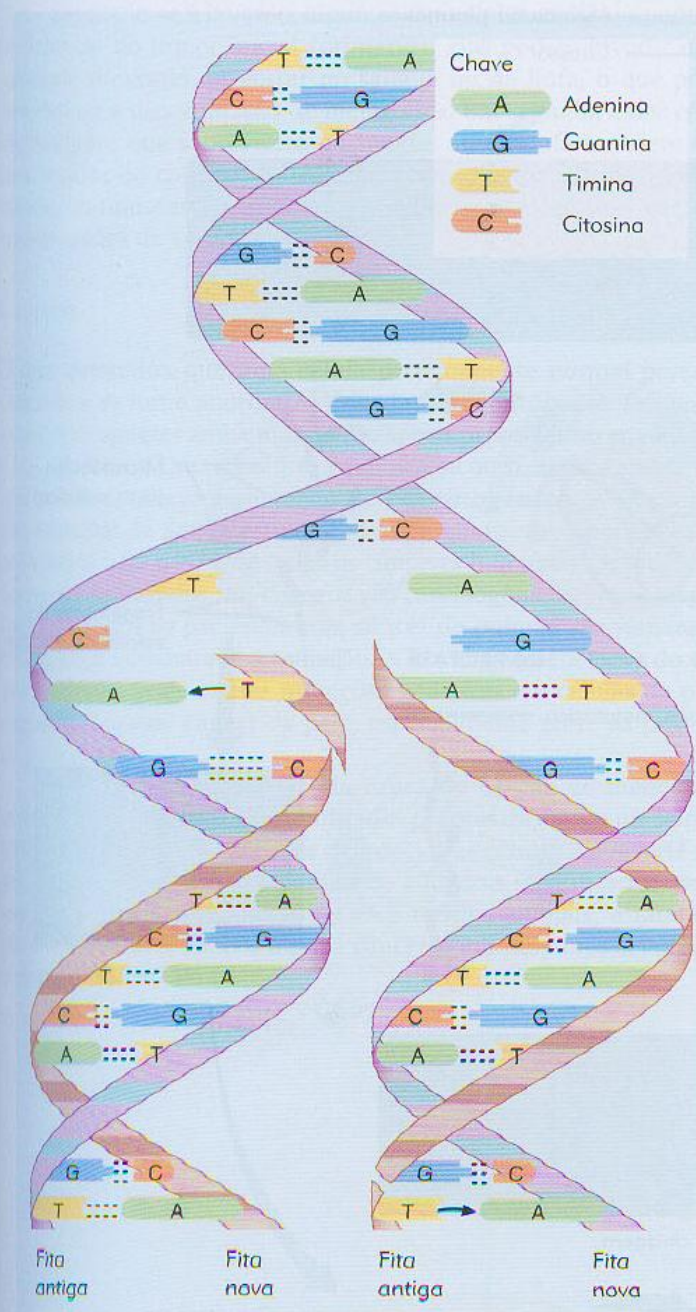



Figura 3.16 Replicação do DNA. As duas fitas da dupla hélice separam-se pela quebra das pontes entre nucleotídeos. Novos nucleotídeos ligam-se aos sítios apropriados, e uma nova fita de DNA é pareada com cada uma das fitas originais. Após a replicação, as duas moléculas de DNA, cada uma consistindo de uma fita nova e uma original (antiga), retornam à sua estrutura helicoidal.

A replicação duplica a quantidade de DNA. Dessa forma, cada célula filha conterá a quantidade normal após a divisão celular somática.

Por que a replicação do DNA é uma etapa fundamental que ocorre anteriormente à divisão celular somática?

METÁFASE Durante a ***metáfase*** (*meta* = após), que é o segundo estágio da mitose, os centrômeros dos pares de cromátides se alinham exatamente no centro do fuso mitótico. Essa região mediana é chamada de *placa metafásica ou região do plano equatorial* (Figura 3.17c).

ANÁFASE O terceiro estágio da mitose, a ***anáfase*** (*ana* = para cima), é caracterizado pela quebra e pela separação dos centrômeros e pelo movimento das duas cromátides irmãs de cada par, em direção a pólos opostos da célula (Figura 3.17d). Uma vez separadas, as cromátides irmãs são chamadas de cromossomos filhos. À medida que os cromossomos se movem durante a anáfase, eles aparecem em forma de V, já que os centrômeros movem-se à frente e parecem puxar as partes dos cromossomos que ficam para trás em direção a pólos opostos da célula.

TELÓFASE O estágio final da mitose, a ***telófase*** (*telos* = distante ou extremidade), é essencialmente o oposto da prófase e inicia-se assim que a movimentação dos cromossomos cessa. Durante a telófase, os conjuntos cromossômicos idênticos, presentes nos pólos opostos da célula, desespiralizam-se e retornam ao aspecto filiforme da cromatina. Os microtúbulos desaparecem e um novo envoltório nuclear é formado ao redor de cada massa de cromatina; novos nucléolos reaparecem nos núcleos filhos, e eventualmente o fuso mitótico se desintegra (Figura 3.17e).

Citocinese

A divisão do citoplasma da célula genitora é chamada de ***citocinese*** (*cyto* = célula; *kinesis* = movimento). Ela se inicia no final da anáfase ou início da telófase com a formação de uma ***constrição de clivagem***, uma leve indentação da membrana plasmática que se estende ao redor do centro da célula (veja a Figura 3.17d-f). A constrição aprofunda-se gradualmente até que as superfícies opostas da célula se toquem e a célula é dividida em duas. Quando a citocinese se completa, inicia-se a interfase. O resultado da citocinese são duas células filhas separadas, cada qual com porções separadas do citoplasma e seu próprio conjunto idêntico de cromossomos.

Divisão Celular Anormal: Câncer

Objetivo: *Descrever o câncer como um desequilíbrio homeostático das células.*

Definição

Quando as células em alguma região do corpo duplicam-se descontroladamente, o tecido em excesso que se desenvolve é chamado de ***tumor, crescimento ou neoplasma***. O estudo dos tumores é chamado de ***oncologia*** (*onco* = inchaço ou massa; *logos* = estudo), e um médico especialista nesse campo é chamado de ***oncologista***. Os tumores podem ser cancerosos e algumas vezes fatais ou eles podem ser completamente inofensivos. Um crescimento canceroso constitui um ***tumor maligno*** e pode-se espalhar a outras partes do corpo. Um crescimento não-canceroso constitui um ***tumor benigno***. Os tumores benignos não se espalham a outras partes do corpo, mas podem ser removidos se interferirem com a função normal do corpo ou se forem desfigurantes.

Crescimento e Propagação

As células de tumores malignos duplicam-se continuamente, e muitas vezes rapidamente de maneira descontrolada. Tal aumento do número de células devido a um aumento na freqüência de divisão celular é chamado de ***hiperplasia***. Elas são também capazes de produzir ***metástases***, que são a propagação das células cancerosas a outras partes do corpo. Inicialmente, as células malignas invadem os tecidos circunvizinhos. À medida que o câncer cresce, ele se expande e começa a competir com tecidos normais por espaço e nutrientes. Eventualmente, o tecido normal diminui em tamanho (atrofia) e morre.

Seguindo-se à invasão, algumas das células malignas podem-se destacar do tumor inicial (primário). Elas podem invadir uma cavidade do corpo ou entrar no sangue ou na linfa, o que pode determinar a disseminação de metástases. Em seguida, essas células malignas que sobrevivem no sangue ou na linfa invadem outros tecidos do corpo, estabelecendo tumores secundários. Finalmente, os tumores secundários tornam-se vascularizados (desenvolvem redes de vasos sangüíneos).

Causas

O que determina que uma célula perfeitamente normal perca o controle e se torne anormal? Vários fatores contribuem. Primeiro, existem os agentes ambientais: substâncias presentes no ar, na água e nos alimentos. Uma substância química ou outro agente ambiental que produza câncer é chamado de ***carcinogênico***. A Organização Mundial de Saúde estima que os carcinogênicos podem estar associados a 60 a 90% de todos os cânceres humanos. Os hidrocarbonetos encontrados nos cigarros são carcinogênicos. Noventa por cento de todos os pacientes com câncer de pulmão são fumantes. Outro fator ambiental é a radiação. A luz ultravioleta (UV) do sol, por exemplo, pode causar mutações genéticas em células da pele expostas e causar câncer de pele, especialmente entre as pessoas de pele clara.

Os vírus são uma segunda causa de câncer, ao menos em animais. Esses agentes são minúsculos pacotes de ácidos nucleicos, DNA ou RNA, que são capazes de infectar as células e convertê-las em produtoras de vírus. Com mais de 100 vírus identificados como carcinogênicos em muitas espécies e tecidos animais, é também provável que pelo menos alguns cânceres em humanos sejam devidos a vírus.

Uma grande parte das pesquisas em câncer está agora direcionada ao estudo dos ***oncogenes*** – genes encontrados em cada célula humana e que têm a habilidade de transformar uma célula normal em uma célula cancerosa quando eles são *inapropriadamente ativados*. Os oncogenes se desenvolvem a partir de genes normais que regulam o crescimento e o desenvolvimento, chamados de ***proto-oncogenes***. Cada célula contém proto-oncogenes, que têm funções celulares normais até que ocorra uma mudança maligna. Parece que alguns proto-oncogenes são ativados a oncogenes por mutações nas quais o DNA dos proto-oncogenes é alterado. Uma ***mutação*** é uma modificação estrutural permanente em um gene. Os carcinogênicos podem induzir mutações. Acredita-se que vírus causem câncer pela inserção de seus próprios oncogenes ou proto-oncogenes no DNA da célula hospedeira.

Pesquisadores também determinaram que alguns tipos de câncer não são causados por oncogenes, mas podem ser causados por uma perda de genes chamados de ***genes supressores de tumor***. Estes genes produzem proteínas que normalmente inibem a divisão celular.

O Conselho Nacional de Pesquisa dos Estados Unidos (*U.S. National Research Council*) emitiu uma série de normas relacionadas à dieta e ao câncer. As principais recomendações são: (1) redução da ingestão de gorduras; (2) aumento do consumo de fibras, frutas e vegetais; (3) aumento da ingestão de carboidratos complexos (batatas, massas); e (4) redução do consumo de alimentos salgados, defumados e conservas e de carboidratos simples (açúcar refinado).

Tratamento

O tratamento do câncer é difícil por que esta não é uma doença única e porque nem todas as células de uma população de um único tumor se comportam da mesma maneira. Embora se acredite que a maioria dos cânceres derive de uma única célula anormal, quando um tumor atinge um tamanho detectável clinicamente, o câncer pode conter uma população de células variadas. Por exemplo, algumas células são metastáticas e outras não. Algumas células se dividem e outras não. Algumas são sensíveis a drogas e outras são resistentes.

Além disso, a quimioterapia, a radioterapia, a cirurgia, a criotermia (congelamento), a hipertermia (temperatura anormalmente alta) e a imunoterapia (reforçando as próprias defesas do organismos) podem ser utilizadas individualmente ou combinadas.

Terminologia e Condições Médicas

Nota ao estudante

Cada capítulo neste livro que discute um sistema importante do corpo humano é seguido de um glossário de *Terminologia e Condições Médicas*. Ambas as condições normal e patológica do sistema estão incluídas nestes glossários.

Algumas dessas doenças, bem como outras doenças discutidas no texto, são referidas como localizadas ou sistêmicas. Uma **doença localizada** é a que afeta uma parte de uma área limitada do corpo. Uma **doença sistêmica** afeta o corpo inteiro ou várias partes dele.

A ciência que lida com o porquê, quando e onde as doenças ocorrem e como elas são transmitidas em uma comunidade humana é conhecida como **epidemiologia** (*epidemios* = prevalente; *logos* = estudo de). A ciência que lida com os efeitos e usos de drogas no tratamento das doenças é chamada de **farmacologia** (*pharmakon* = medicina).

Atrofia (*a* = sem; *tropho* = nutrir) Uma diminuição do tamanho das células com subseqüente diminuição no tamanho do tecido ou órgão afetado, debilidade.

Biópsia (*bio* = vida; *opsis* = visão) A remoção e o exame microscópico dos tecidos de um corpo vivo para fins diagnósticos.

Displasia (*dys* = anormal; *plas* = crescer) Alteração no tamanho, na forma e na organização das células devido a uma irritação crônica ou inflamação; pode progredir para uma neoplasia (formação de tumor, geralmente maligno) ou reverter ao normal se o fator de estresse for removido.

Hiperplasia (*hyper* = acima) Aumento no número de células devido a um aumento na taxa de divisão celular.

Hipertrofia Aumento no tamanho de células sem que ocorra divisão celular.

Metafasia (*meta* = mudança) A transformação de um tipo de célula em outra.

Metástase (*stasis* = parado) A propagação do câncer para tecidos circunvizinhos (metástase local) ou a outros tecidos do corpo (metástase distante).

Necrose (*necros* = morte; *osis* = condição) Morte de um grupo de células.

Neoplasma (neoplasia) (*neo* = novo) Qualquer formação ou crescimento anormal, geralmente um tumor maligno.

Resumo dos Estudos

A Célula Generalizada (p. 39)

1. A célula é a unidade básica, viva, funcional e estrutural do corpo.
2. Uma célula generalizada é uma composição que representa as várias células do corpo.
3. Citologia é a ciência relacionada ao estudo das células.
4. As principais partes de uma célula são a membrana plasmática (celular), o citossol e as organelas.

Membrana Plasmática (Celular) (p. 40)

Química e Estrutura (p. 40)

1. A membrana plasmática (celular) circunda a célula e a isola de outras células e do ambiente externo.
2. É composta principalmente de fosfolipídios e proteínas.

Funções (p. 40)

1. Funcionalmente, a membrana plasmática proporciona comunicação entre células ou entre células e substâncias químicas, estabelece um gradiente eletroquímico e dá forma e proteção.
2. A natureza seletivamente permeável da membrana restringe a passagem de certas substâncias. As substâncias podem passar através da membrana, dependendo de sua solubilidade em lipídios, tamanho, cargas elétricas e da presença de transportadores e de canais.

Movimentos de Materiais Através da Membrana Plasmática (p. 41)

1. O fluido no exterior da célula é chamado de fluido extracelular (fluido intersticial, plasma, linfa); o fluido dentro das células é chamado de fluido intracelular. O fluido intersticial é o ambiente interno do corpo.
2. As substâncias movem-se através de membranas plasmáticas entre os fluidos intra e extracelular.
3. Os processos passivos envolvem a energia cinética das moléculas individuais; não é necessário nenhum ATP e as substâncias movem-se de áreas de mais alta para mais baixa concentração até que cheguem ao equilíbrio.
4. Difusão simples é o movimento global de moléculas ou íons de uma área de mais alta concentração para uma de mais baixa concentração até que alcancem o equilíbrio.
5. Na difusão facilitada, certas moléculas, como a glicose, combinam-se a um carreador para tornarem-se solúveis na porção fosfolipídica da membrana celular.
6. Osmose é o movimento de água através de uma membrana de permeabilidade seletiva de uma área de mais alta concentração de água para uma de mais baixa concentração de água, até que o equilíbrio seja alcançado.
7. Em uma solução isotônica, os glóbulos vermelhos mantêm sua forma normal; em uma solução hipotônica, sofrem hemólise; em uma solução hipertônica, sofrem crenação.
8. Filtração é o movimento de água e substâncias dissolvidas através de uma membrana seletivamente permeável, por pressão.
9. Os processos ativos envolvem o uso de ATP pela célula.
10. Transporte ativo é o movimento de íons através de uma membrana celular do local de mais baixa para o de mais alta concentração.

6. A síntese de proteínas ocorre nos ribossomos, onde uma fita de RNAm é ligada.
7. O RNAt transporta aminoácidos específicos até o RNAm no ribossomo. Uma porção do RNAt tem uma trinca (*triplet*) de bases chamada de anticódon; ela é complementar ao códon de três bases no RNAm.
8. O ribossomo se desloca ao longo da fita de RNAm à medida que os aminoácidos são adicionados para formar a molécula de proteína.
9. As ligações peptídicas mantêm os aminoácidos juntos.

Divisão Celular Normal (p. 54)

1. Divisão celular é o processo pelo qual as células se reproduzem.
2. A divisão celular que resulta em um aumento do número de células do corpo é chamada de divisão celular somática e envolve uma divisão nuclear chamada de mitose e citocinese.
3. A divisão celular que resulta na produção de espermatozóides e óvulos é chamada de divisão celular reprodutiva e consiste de uma divisão nuclear chamada de meiose e citocinese.

Divisão Celular Somática (p.54)

1. Antes da mitose e citocinese, as moléculas de DNA, ou cromossomos, replicam-se de maneira que as mesmas características hereditárias sejam passadas às futuras gerações de células.
2. A replicação do DNA ocorre durante a interfase.
3. Mitose é a distribuição de dois conjuntos cromossômicos em núcleos separados e iguais, logo após a sua replicação.
4. Consiste de prófase, metáfase, anáfase e telófase.
5. A citocinese geralmente inicia-se no final da anáfase e termina na telófase.
6. Uma constrição de clivagem forma-se no plano equatorial da célula e progride para o interior, penetrando na célula, para formar duas porções separadas de citossol.

Divisão Celular Anormal: Câncer (p. 55)

1. Os tumores cancerosos são denominados malignos; os tumores não-cancerosos são chamados de benignos; o estudo de tumores é chamado de oncologia.
2. A disseminação do câncer a partir de seu sítio primário é chamada de metástase.
3. Os carcinogênicos incluem agentes ambientais e vírus.
4. O tratamento de câncer é difícil pois nem todas as células de uma mesma população comportam-se da mesma maneira.

Auto-avaliação

1. Se o fluido extracelular contém uma concentração de partículas dissolvidas maior que o citossol da célula, o fluido extracelular é dito
a. isotônico b. hipertônico c. hipotônico d. hiperplásico e. osmótico
2. Um glóbulo vermelho colocado em solução hipotônica sofrerá
a. hemólise b. difusão de sal para dentro da célula c. crenação d. diminuição da pressão osmótica e. equilíbrio
3. A água do mar tem por volta de 3,5% de NaCl. Esta solução ______ as células do corpo.
a. está em equilíbrio com b. é isotônica c. é hipertônica d. é hipotônica e. move-se por osmose para dentro
4. Qual dos seguintes materiais NÃO passaria normalmente através de uma membrana plamática de permeabilidade seletiva?
a. água b. íons sódio c. proteínas grandes d. oxigênio e. esteróides
5. Qual dos seguintes processos é de transporte passivo?
a. fagocitose b. transporte ativo c. difusão facilitada d. exocitose e. pinocitose
6. Qual dos seguintes processos requer ATP celular?
a. difusão b. transporte ativo c. osmose d. difusão facilitada e. filtração
7. Combine as colunas:

______ a. movimento celular	A. centrossoma
______ b. permeabilidade seletiva	B. citoesqueleto
______ c. síntese de proteínas	C. complexo de Golgi
______ d. síntese de lipídios, desintoxicação	D. lisossomos
______ e. empacota proteínas e lipídios	E. mitocôndrias
______ f. produção de ATP	F. membrana plasmática
______ g. digerem bactérias, organelas desgastadas	G. ribossomo
______ h. forma o fuso mitótico	H. RE liso

8. Se uma fita de DNA tem uma seqüência de bases nitrogenadas T, A, C, G, A, a seqüência de bases no RNAm correspondente seria
a. A,U,G,C,U b. A,T,G,C,T c. T,A,C,G,A d. U,A,C,G,A e. U,C,G,U,A
9. A transcrição envolve
a. transferência de informação do RNAm para o RNAt b. códon ligando-se ao anticódon c. união de aminoácidos por meio de ligações peptídicas d. cópia da informação contida no DNA para o RNAm e. síntese de proteínas no ribossomo
10. Coloque os seguintes eventos na ordem correta.
1. DNA desespiraliza-se e o RNAm é transcrito
2. O RNAt com um aminoácido associado pareia com o RNAm
3. O RNAm passa do núcleo para o citoplasma e associa-se a um ribossomo
4. A proteína é formada
5. Dois aminoácidos unem-se por uma ligação peptídica
a. 1,2,3,4,5 b. 1,3,2,5,4 c. 1,2,3,5,4 d. 1,5,3,2,4 e. 2,1,3,4,5
11. O códon CAA pareia com o anticódon
a. CUU b. GUU c. GAA d. GTT e. CTT
12. Combine as seguintes descrições com as fases da mitose:

____ a. O envoltório (membrana) nuclear e os nucléolos reaparecem.	A. prófase
	B. citocinese

____ b. Os centrômeros dos pares de cromátides alinham-se no centro do fuso mitótico. C. telófase
D. anáfase
E. metáfase
____ c. O DNA e os centríolos duplicam-se. F. interfase
____ d. A constrição divide a célula no meio em duas células filhas.
____ e. Os cromossomos movem-se para pólos opostos da célula.
____ f. As cromátides estão ligadas pelo centrômero; forma-se o fuso mitótico.

13. Um tumor benigno também pode ser chamado de
a. malignidade b. metástase c. biópsia d. neoplasma (neoplasia) e. câncer

14. Qual dos seguintes NÃO é verdadeiro em relação à membrana plasmática?
a. Sua superfície contém dobras chamadas cristas. b. É composta primariamente de fosfolipídios e proteínas. c. É seletivamente permeável. d. É responsável pela manutenção do gradiente eletroquímico entre o interior e o exterior da célula. e. Permite que a célula se comunique com outras células.

15. Se um vírus entrar em uma célula e destruir seus ribossomos, como a célula será afetada?
a. Será incapaz de sofrer mitose. b. Não será mais capaz de produzir ATP. c. Cessará o movimento celular. d. Sofrerá autofagia. e. Ficará incapaz de sintetizar proteínas.

Aplicação do Pensamento Crítico

1. Sua tia de 65 anos passou todos os dias de sol da vida dela na praia. A pele dela parece uma daquelas cadeiras preguiçadeiras bem usadas e confortáveis – marrom e toda enrugada. Recentemente seu dermatologista removeu um crescimento suspeito da pele do rosto dela. Qual seria sua suspeita sobre o problema e sua causa provável?
2. A mucina é uma proteína presente na saliva. Quando misturada com água, a mucina torna-se a substância escorregadia chamada de muco. Trace a rota seguida pela mucina nas células das glândulas salivares da sua síntese à sua secreção (liberação), listando todas as organelas e processos envolvidos.
3. A nicotina e outros compostos presentes na fumaça de cigarros podem inibir a ação dos cílios do sistema respiratório. Quais problemas poderiam resultar disto e quais os outros efeitos do fumo?
4. Você quer diluir uma amostra de glóbulos vermelhos para observá-los sob o microscópio. Seu colega de laboratório, Bart, ainda não leu o capítulo sobre células. Explique para ele o tipo de solução salina (NaCl) necessário para o seu experimento.
5. Uma criança foi trazida para a emergência após comer veneno de rato que continha arsênico. O arsênico mata ratos por bloqueio das funções mitocondriais. Que efeito o arsênico tem sobre as funções corporais da criança?
6. Imagine que foi descoberto um novo agente quimioterápico que quebre com os microtúbulos das células cancerosas, mas não afete as células normais. Que efeito teria este agente nas células cancerosas?

Respostas às Perguntas das Figuras

3.1 Membrana plasmática, citossol e organelas.
3.2 Solubilidade em lipídios, tamanho das moléculas, carga das membranas, presença de canais e transportadores.
3.3 Citossol.
3.4 Como a febre representa um aumento na temperatura corporal, todos os processos de difusão estarão aumentados.
3.5 Não. A difusão facilitada é um processo passivo e, assim sendo, nenhuma energia é gasta para transportar glicose através da membrana.
3.6 A pressão necessária para impedir o movimento através de uma membrana seletivamente permeável.
3.7 Hipertônica.
3.8 Utiliza-se energia da decomposição do ATP.
3.9 Endocitose.
3.10 Controla a atividade celular, regulando quais proteínas devem ser sintetizadas.
3.11 O RE rugoso ligou-se a ribossomos enquanto o RE liso não. O RE rugoso sintetiza proteínas que serão exportadas da célula, enquanto que o RE liso está associado à síntese lipídica e outras reações metabólicas.
3.12 Ele processa, seleciona, empacota e libera proteínas e lipídios.
3.13 Eles aumentam a superfície para as reações químicas.
3.14 UCGA.
3.15 Um grupo de nucleotídeos em uma molécula de DNA que serve como um molde para a síntese de uma proteína específica.
3.16 Porque cada uma das novas células filhas deve ter o conjunto completo de genes.
3.17 Geralmente se inicia no final da anáfase ou início da telófase.

objetivos do aprendizado

1. Descrever as características gerais do tecido epitelial. 64
2. Explicar como o epitélio de revestimento é classificado. 64
3. Descrever os diversos tipos e as funções do epitélio de revestimento. 65
4. Definir uma glândula e distinguir entre glândulas endócrinas e exócrinas. 71
5. Explicar como o tecido conjuntivo é classificado. 72
6. Descrever os vários tipos de túnicas no corpo. 73

Os Tecidos

uma visão geral

As células são unidades altamente organizadas, mas elas não funcionam sozinhas. Elas trabalham em conjunto, formando grupos de células semelhantes chamados de tecidos.

Tipos de Tecidos

Um ***tecido*** é um grupo de células semelhantes e sua substância intracelular que funcionam juntos no desempenho de uma atividade especializada. A ciência que lida com o estudo de tecidos é chamada de ***histologia*** (*histio* = tecido; *logos* = estudo de). Há quatro grupos de tecidos no corpo:

1. O **tecido epitelial**, que reveste as superfícies e as cavidades corporais, os órgãos ocos e os ductos (tubos); e forma as glândulas.
2. O **tecido conjuntivo**, que protege e sustenta o corpo e seus órgãos; mantém órgãos unidos, armazena energia em forma de gordura e oferece imunidade.
3. O **tecido muscular**, que é responsável pelo movimento.
4. O **tecido nervoso**, que inicia e transmite impulsos nervosos que coordenam as atividades corporais.

Os tecidos epitelial e conjuntivo serão discutidos em detalhes neste capítulo. Discussões detalhadas sobre o tecido ósseo, o sangue, o tecido muscular e o tecido nervoso encontram-se nos capítulos posteriores.

Tecido Epitelial

O ***tecido epitelial***, ou mais simplesmente ***epitélio***, pode ser dividido em dois tipos: (1) *epitélio de revestimento* e (2) *epitélio glandular*. O epitélio de revestimento forma a cobertura mais externa da pele e de alguns órgãos internos. Também reveste cavidades corporais, vasos sangüíneos, ductos e o interior dos sistemas respiratório, digestório, urinário e genital. Constitui, juntamente com o tecido nervoso, partes dos órgãos sensoriais para audição, visão e tato. O epitélio glandular constitui a porção secretora das glândulas, como as sudoríparas.

Características Gerais do Tecido Epitelial

Objetivo: *Descrever as características gerais do tecido epitelial.*

A seguir, estão as características gerais do tecido epitelial:

1. O epitélio consiste, em grande parte ou totalmente, de células muito próximas, com pouco material extracelular entre elas.
2. As células epiteliais estão organizadas em lâminas contínuas, em uma única camada ou em múltiplas.
3. As células epiteliais têm uma superfície livre, que está exposta em uma cavidade corporal, no revestimento de um órgão interno, ou no exterior do corpo; e uma superfície basal, ligada à membrana basal. A membrana basal é situada entre o epitélio e a camada de tecido conjuntivo subjacente.
4. Os epitélios são ***avasculares*** (*a* = sem; *vascular* = vasos sangüíneos). Os vasos que fornecem nutrientes e removem resíduos localizam-se no tecido conjuntivo adjacente. A troca de materiais entre o epitélio e tecido conjuntivo se dá por difusão.
5. Os epitélios possuem suprimento nervoso.
6. Como o epitélio está sujeito à certa quantidade de desgaste dano, apresenta uma alta capacidade de renovação (alta tax mitótica).
7. As funções do epitélio incluem proteção, secreção, absorçã excreção, recepção sensorial e reprodução.

Epitélio de Revestimento

Objetivo: *Explicar como o epitélio de revestimento é classificad*

Classificação pela Forma das Células

O tecido epitelial, que reveste diversas partes do corpo, conté células de quatro formatos básicos:

1. As células ***escamosas*** (*squama* = achatado) (ou paviment sas) são células achatadas que se unem umas às outras com ladrilhos. Sua pouca espessura permite movimentos ativos passivos de substâncias através delas (veja o Capítulo 3).
2. As células ***cuboidais*** (ou cúbicas) são mais espessas, e forma de cubo ou de hexágono. Produzem diversas ***secr ções*** (fluidos que são produzidos e liberados por célula como suor e enzimas) corporais importantes. Também p dem ser utilizadas na ***absorção*** (entrada) de fluidos e o tras substâncias.
3. As células ***colunares*** (ou pismáticas ou cilíndricas) são a tas e cilíndricas, assim protegendo os tecidos subjacente Também podem ser especializadas para secreção ou abso ção. Algumas podem ter cílios.
4. As células ***transicionais*** variam em forma desde achat das até colunares e freqüentemente modificam sua form devido à distensão (alongamento), à expansão ou ao mov mento de partes do corpo.

Classificação pela Disposição das Camadas

As células epiteliais tendem a arranjar-se em uma ou mais cam das, dependendo da função de determinada parte do corpo. termos utilizados para referir-se à sua classificação pela organiz ção em camadas incluem os seguintes:

1. O ***epitélio simples*** é constituído de uma camada única células encontradas em áreas em que o movimento ativo passivo de moléculas é necessário.
2. O ***epitélio estratificado*** contém duas ou mais camad de células utilizadas para proteção dos tecidos subjacent em áreas em que há desgaste considerável.
3. O ***epitélio colunar pseudoestratificado*** contém un camada de células. O tecido parece multiestratificado, m nem todas as células alcançam a superfície; aquelas que fazem são ou ciliadas ou produzem muco (veja o Quadro 4.1

Em resumo, o epitélio pode ser classificado tanto pela forr quanto pela disposição das camadas de células, como indicado seguir:

Simples

1. Escamoso (ou pavimentoso)
2. Cuboidal (ou cúbico)
3. Colunar (ou prismático ou cilíndrico)

Estratificado
1. Escamoso* (ou pavimentoso)
2. Cuboidal* (ou cúbico)
3. Colunar* (ou prismático ou cilíndrico)
4. De transição*

Colunar pseudoestratificado

Tipos e Funções

Objetivo: *Descrever os diversos tipos e as funções do epitélio de revestimento.*

Cada um dos tecidos epiteliais descritos na seção seguinte está ilustrado no Quadro 4.1. Junto com as ilustrações estão descrições, localizações e funções dos tecidos.

Epitélio Simples

EPITÉLIO ESCAMOSO SIMPLES Este tecido parece um soalho ladrilhado visto de cima. A camada única de células achatadas permite a difusão de gases respiratórios (oxigênio e dióxido de carbono) nos pulmões e o movimento de fluidos e de substâncias dissolvidas entre o sangue e células tissulares por osmose e filtração.

EPITÉLIO CUBOIDAL SIMPLES A forma cuboidal dessas células é clara somente quando o tecido é visto lateralmente. Sua camada única de células é importante na secreção de substâncias, tais como lágrimas e saliva, e na absorção, tal como a reabsorção de água por células renais.

EPITÉLIO COLUNAR SIMPLES Em vista lateral, as células parecem retangulares. O epitélio colunar simples existe em duas formas: ***epitélio colunar simples não-ciliado*** e ***epitélio colunar simples ciliado***. O tipo não-ciliado contém microvilosidades e células caliciformes. ***Microvilosidades*** (*micro* = pequeno; *villus* = tufo de cabelo) (veja a Figura 3.1) são projeções citoplasmáticas microscópicas em forma de dedo que servem para aumentar a área de superfície da membrana plasmática, que permite que maior quantidade de fluidos e nutrientes digeridos sejam absorvidos pelo corpo. ***Células caliciformes*** são células colunares modificadas que secretam muco, que se acumula na parte superior das mesmas, causando uma protuberância. A célula toda fica, então, com forma de cálice. O muco secretado fornece lubrificação e proteção.

Outra modificação do epitélio colunar é encontrada em células com processos semelhantes a cabelo, chamados de ***cílios*** (*ciliaris*: semelhantes a cílios). Em algumas partes do trato respiratório superior, as clélulas colunares ciliadas estão extremeadas com células caliciformes. O muco secretado pelas células caliciformes forma um filme sobre a superfície respiratória, que captura partículas estranhas inaladas. Os cílios ondulam em uníssomo e movem o muco, com qualquer retícula estranha, em direção à garganta, onde pode ser engolido ou cuspido.

Epitélio Estratificado

Ao contrário do epitélio simples, o epitélio estratificado tem ao menos duas camadas de células. Assim, ele é mais durável e pode proteger os tecidos subjacentes do ambiente externo e do desgaste. O nome dos tipos específicos de epitélio estratificado depende da forma das células superficiais.

EPITÉLIO ESCAMOSO ESTRATIFICADO Nas camadas superficiais deste tipo de epitélio, as células são achatadas, enquanto nas camadas mais profundas, as células variam em forma, de cuboidal à colunar. As células das camadas inferiores replicam-se continuamente por divisão celular. À medida que novas células crescem, as células das camadas inferiores vão sendo continuamente empurradas para cima e para fora e empurram as células superficiais para fora. Quanto mais para cima as células se deslocam, mais distantes ficam da irrigação sangüínea (no tecido conjuntivo subjacente), e vão se tornando desidratadas, encolhidas e endurecidas. Na superfície, perdem suas conexões com outras células e são descamadas. As células velhas são descamadas e substituídas, já que células novas emergem continuamente. O exame de Papanicolaou, um teste de triagem para câncer e pré-câncer de útero, colo do útero e vagina, consiste no exame de células descamadas do epitélio destas estruturas.

Há duas formas de epitélio escamoso estratificado. No ***epitélio escamoso estratificado queratinizado***, uma camada rígida de queratina é depositada nas células superficiais. A ***queratina*** (*keras* = semelhante a um corno) é uma proteína que protege a pele de dano e invasão microbiana e a torna impermeável. O ***epitélio escamoso estratificado não-queratinizado*** não contém queratina e está sempre úmido.

EPITÉLIO CUBOIDAL ESTRATIFICADO Este tipo relativamente raro de epitélio às vezes consiste de mais de duas camadas de células. Sua função é principalmente de proteção.

EPITÉLIO COLUNAR ESTRATIFICADO Este tipo de tecido também é incomum no corpo. Tem função na proteção e na secreção.

EPITÉLIO DE TRANSIÇÃO Este tipo de epitélio tem aparência variável, dependendo de quando está relaxado ou distendido (alongado). No estado relaxado, parece semelhante ao epitélio cuboidal estratificado, exceto que as células superiores tendem a ser grandes e arredondadas. Isso permite ao tecido ser alongado sem que as células mais externas separem-se umas das outras. Quando alongadas, estendem-se em epitélio escamoso. Por causa desta capacidade, o epitélio de transição reveste estruturas ocas que são sujeitas à expansão de dentro para fora, como a bexiga urinária. Sua função é prevenir a ruptura desses órgãos.

Epitélio Colunar Pseudo-estratificado

Esta terceira categoria de epitélio de revestimento é chamado de epitélio pseudo-estratificado colunar. Os núcleos das células estão a diferentes profundidades. Mesmo que todas as células estejam presas à membrana basal em uma camada única, algumas células não alcançam a superfície livre. Estas características dão a falsa impressão de um tecido multiestratificado, razão do nome pseudo-estratificado (*pseudo* = falso). No epitélio colunar pseudo-estratificado ciliado, as células que chegam à superfície, ou secretam muco ou possuem cílios que varrem o muco e as partículas estranhas que a ele se prendem, para uma eventual eliminação do cor-

*Esta classificação baseia-se no formato das células da camada mais externa.

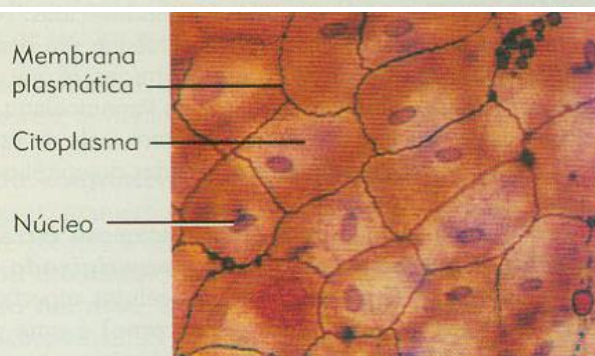
Quadro 4.1 Tecidos Epiteliais

EPITÉLIO DE REVESTIMENTO

Epitélio escamoso simples

Descrição: Camada única de células achatadas; núcleos centrais.

Localização: Reveste os sáculos alveolares dos pulmões, o coração, os vasos sangüíneos e linfáticos e a cavidade abdominal, e compõe as paredes dos capilares do corpo, inclusive no rim (glomérulos).

Função: Difusão, osmose, filtração e secreção em túnicas serosas.

Vista superficial do revestimento mesotelial da cavidade peritoneal (243x)

Vista seccional da serosa intestinal (245x)

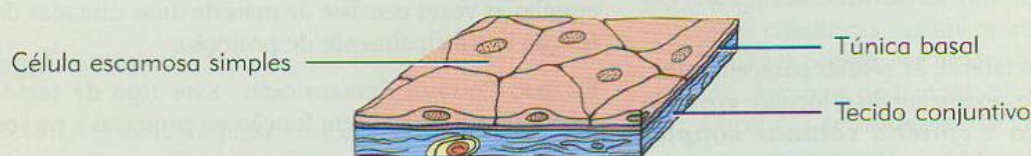
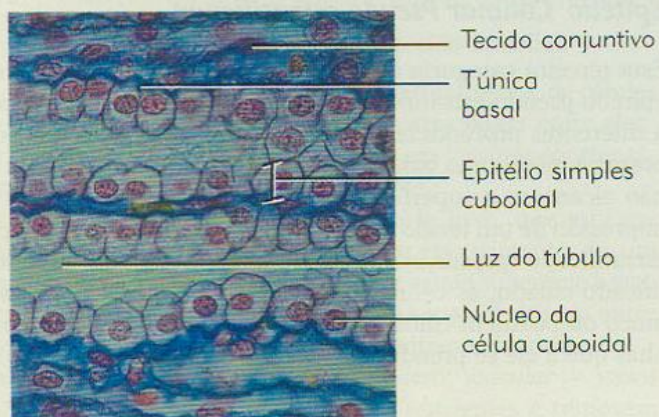



Diagrama do epitélio escamoso simples

Epitélio cuboidal simples

Descrição: Camada única de células cubóides; núcleos centrais.

Localização: Recobre a superfície do ovário; reveste os túbulos dos rins, ductos de algumas glândulas e parte da lente do olho; forma partes da retina do olho; e constitui a porção secretora de algumas glândulas, como a tireóide.

Função: Secreção e absorção.

Vista seccional dos túbulos renais (575x)

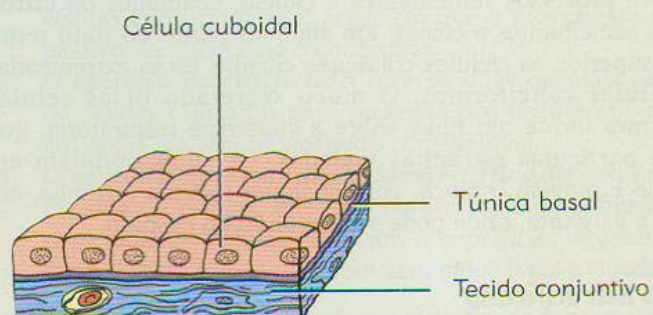



Diagrama do epitélio cuboidal simples

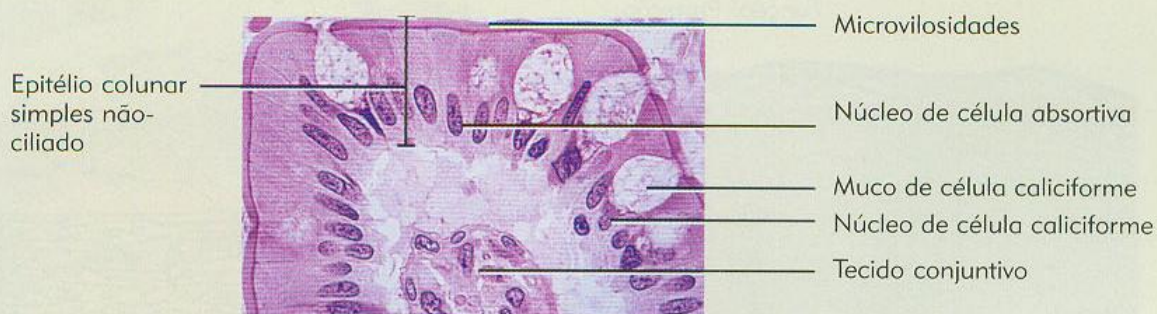
(Continua)

Quadro 4.1 Tecidos Epiteliais (Continuação)

Epitélio colunar simples não-ciliado

Descrição: Camada única de células retangulares não-ciliadas; núcleo na base das células; contém células caliciformes e microvilosidades em alguns locais.

Localização: Reveste o trato gastrintestinal, do estômago até o canal anal, os ductos excretores de muitas glândulas e a vesícula biliar.

Função: Secreção e absorção.

Vista seccional do epitélio de uma vilosidade do revestimento do intestino delgado (400x)

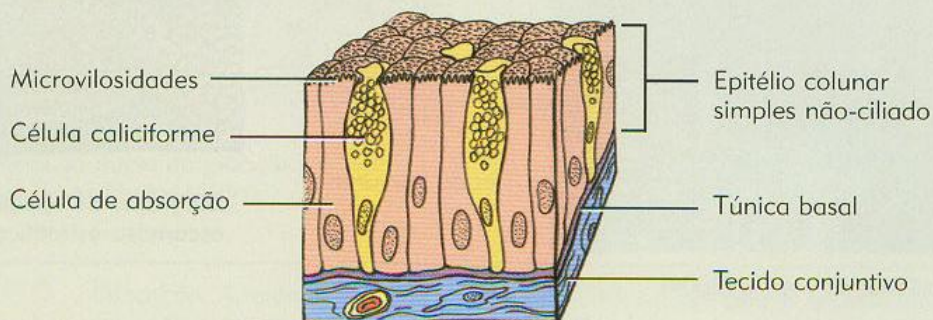
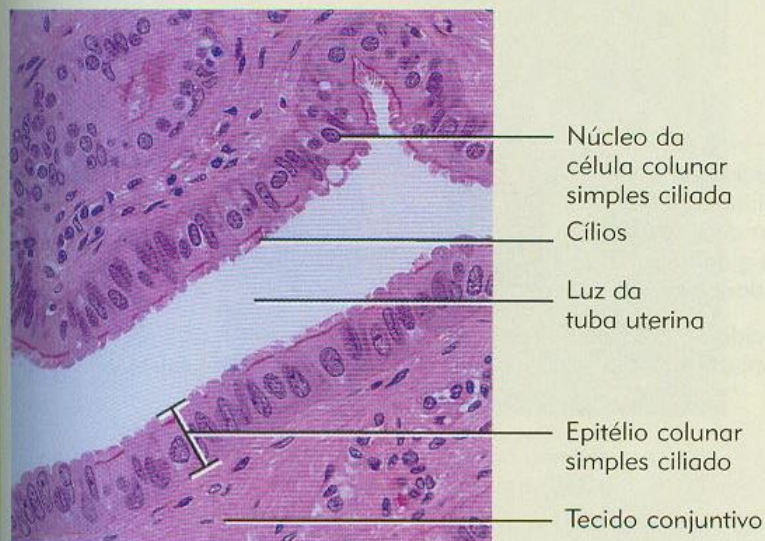



Diagrama do epitélio colunar simples não-ciliado

Epitélio colunar simples ciliado

Descrição: Camada única de células colunares ciliadas; núcleo na base das células; contém células caliciformes em alguns locais.

Localização: Reveste porções da via respiratória superior, as tubas uterinas (de Falópio), o útero.

Função: Move muco e outras substâncias por ação ciliar.

Vista seccional da tuba uterina (275x)

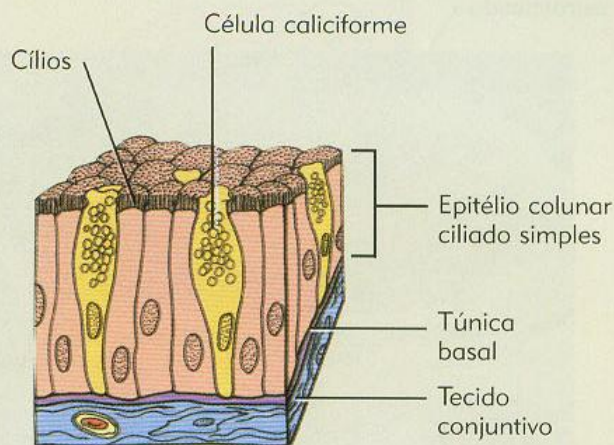



Diagrama do epitélio colunar simples ciliado

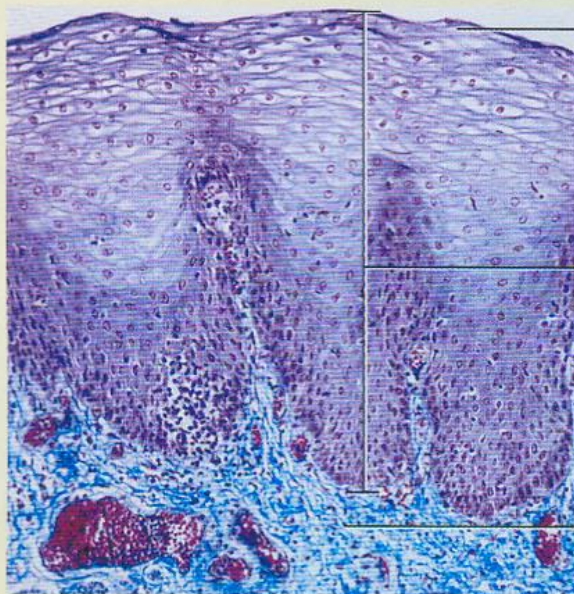
(*Continua*)

Quadro 4.1 Tecidos Epiteliais (Continuação)

Epitélio escamoso estratificado

Descrição: Várias camadas de células; células escamosas nas camadas superficiais; células cuboidais a colunares nas camadas mais profundas; células mais profundas substituem as superficiais à medida que são descamadas.

Localização: A variedade queratinizada forma a camada mais externa da pele; variedade não-queratinizada reveste superfícies úmidas, tais como revestimento da boca, do esôfago e da vagina, e reveste a língua.

Função: Proteção.

Vista seccional da vagina (200x)

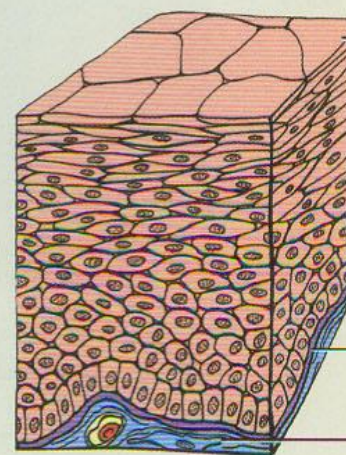
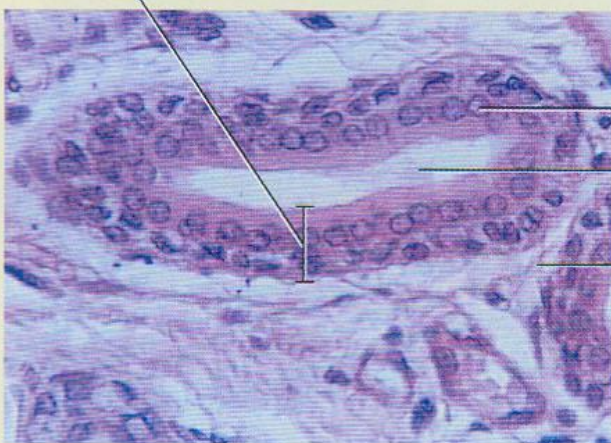



Diagrama do epitélio escamoso estratificado

Epitélio cuboidal estratificado

Descrição: Duas ou mais camadas de células, sendo que as células superficiais são cubóides.

Localização: Ductos das glândulas sudoríparas de adultos e parte da uretra masculina.

Função: Proteção.

Vista seccional do ducto da glândula sudorípara (450x)

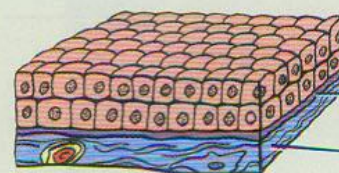
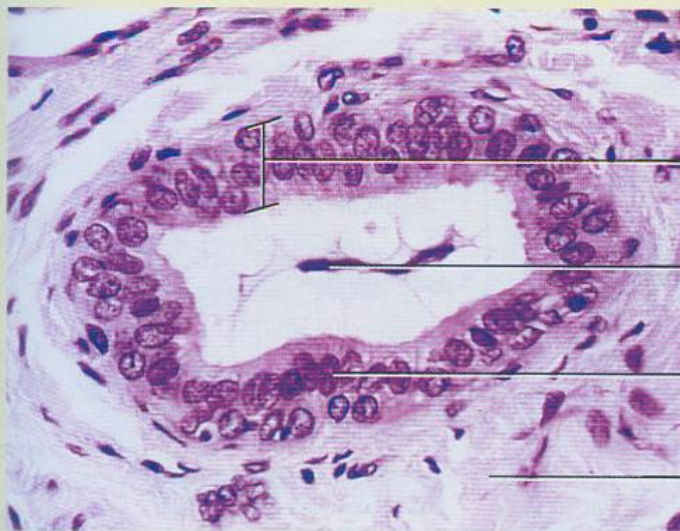



Diagrama do epitélio cuboidal estratificado

(Continua)

Quadro 4.1 Tecidos Epiteliais (Continuação)

Epitélio colunar estratificado

Descrição: Várias camadas de células multifacetadas; células colunares somente na camada superficial.
Localização: Reveste partes da uretra, ductos excretórios grandes de algumas glândulas, pequenas áreas na túnica mucosa anal.
Função: Proteção e secreção.

Vista seccional do ducto da glândula salivar submandibular (495x)

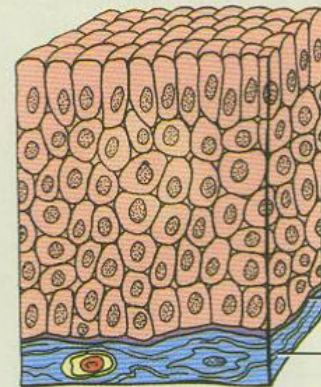
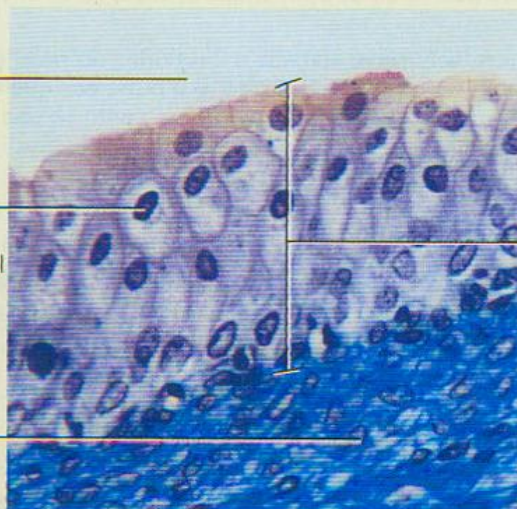



Diagrama do epitélio colunar estratificado

Epitélio de transição

Descrição: Aparência variável (transicional), forma das células superficiais varia de escamosa (quando alongado) à cuboidal (quando relaxado).
Localização: Reveste a bexiga urinária e porções dos ureteres e uretra.
Função: Permite distensão da víscera.

Vista seccional da bexiga urinária em estado de relaxamento (240x)

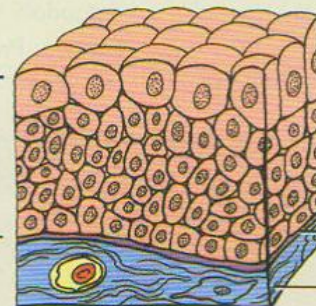



Diagrama do epitélio de transição relaxado

(Continua)

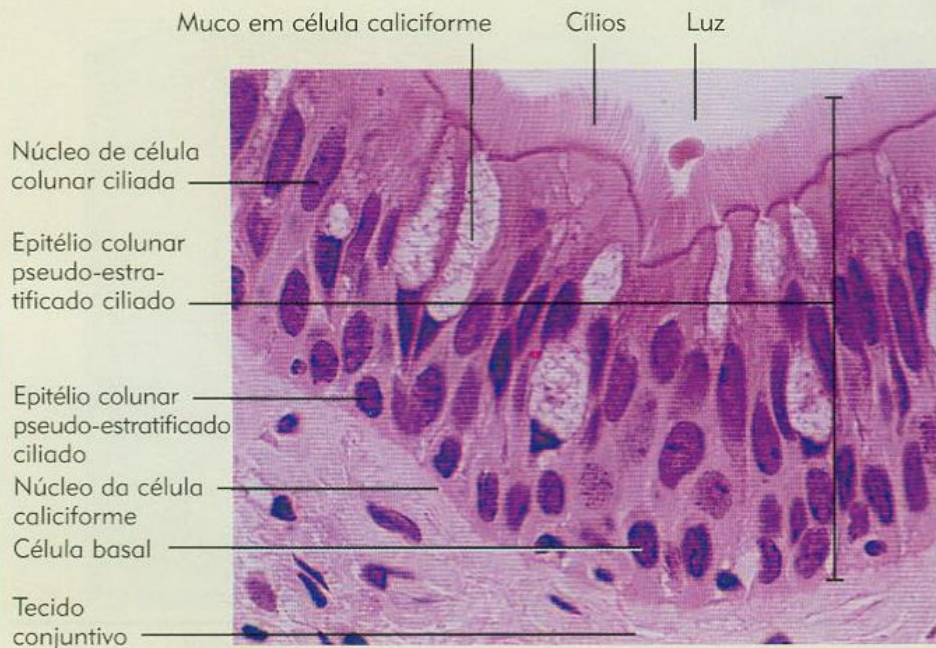
Quadro 4.1 Tecidos Epiteliais (Continuação)

EPITÉLIO DE REVESTIMENTO

Epitélio colunar pseudo-estratificado

Descrição: Não é um tecido estratificado verdadeiro; núcleos das células em diferentes níveis; todas as células presas à túnica basal, mas nem todas chegam à superfície.

Localização: Epitélio colunar pseudo-estratificado ciliado reveste a maior parte da via respiratória superior; epitélio colunar pseudo-estratificado não-ciliado reveste ductos maiores de muitas glândulas, epidídimo e parte da uretra masculina.

Função: Secreção e movimento de muco por ação ciliar.

Microfotografia de uma porção do epitélio da traquéia (850x)

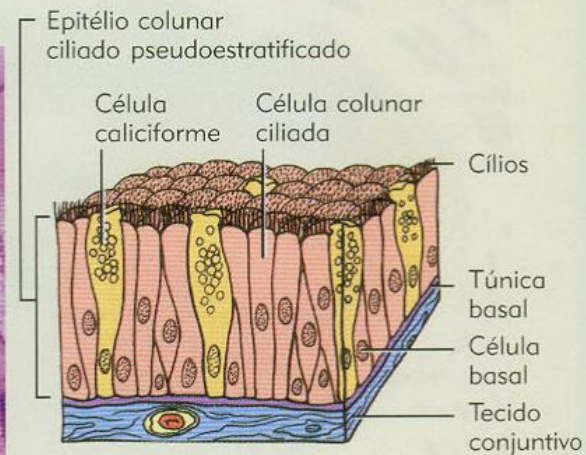



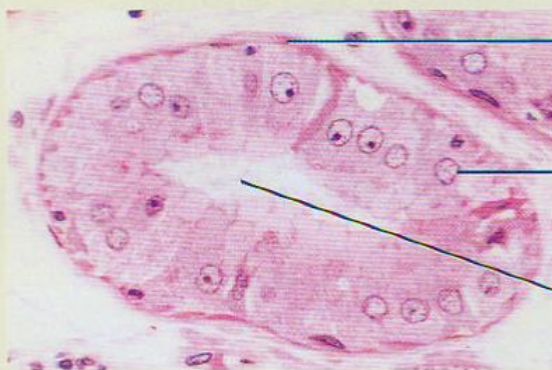
Diagrama do epitélio colunar pseudo-estratificado ciliado

EPITÉLIO GLANDULAR

Glândulas exócrinas

Descrição: Secretam produtos nos ductos ou diretamente nas superfícies interna ou externa do corpo.

Localização: Glândulas sudoríparas, sebáceas, serosas e mamárias da pele; glândulas digestivas tais como as salivares que secretam na cavidade da boca, e o pâncreas que secreta no intestino delgado.

Função: Produzem muco, suor, óleo, cera, leite ou enzimas digestivas.

Vista seccional da porção secretora de uma glândula sudorípara (1300x)

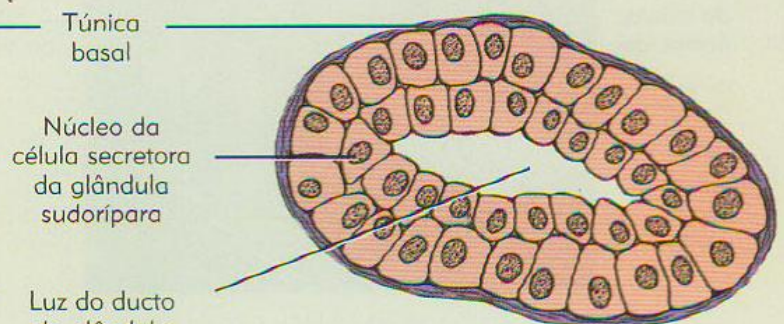
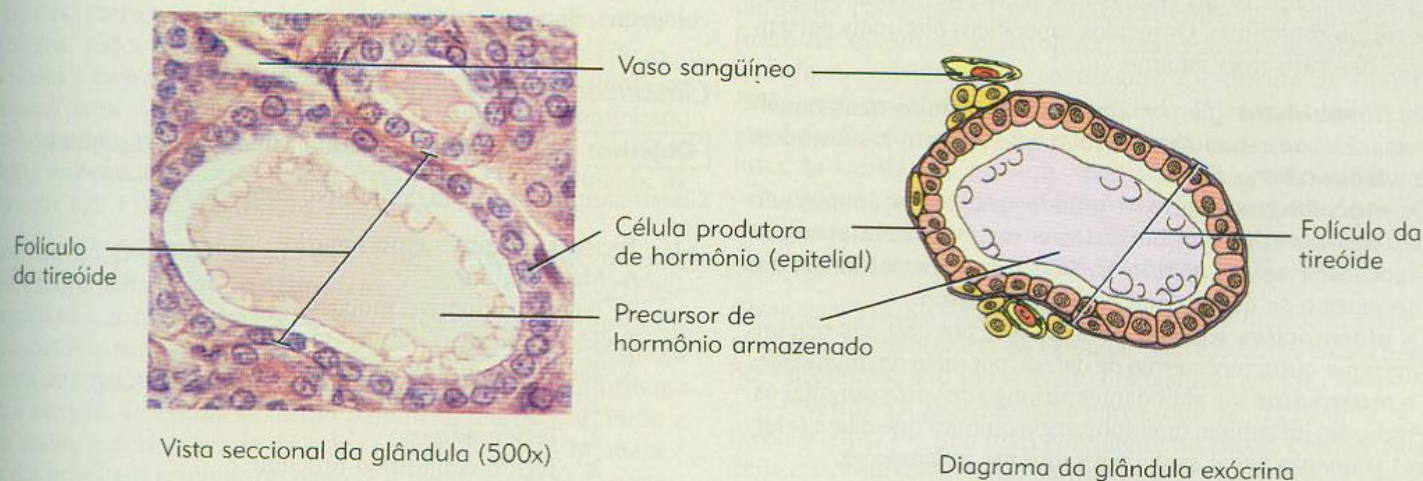



Diagrama de uma glândula exócrinada glândula sudorípara

(Continua)

Quadro 4.1	Tecidos Epiteliais (Continuação)
Glândulas endócrinas, incluindo mistas	*Descrição:* Secretam hormônios no sangue. *Localização:* Exemplos são: hipófise (glândula pituitária), na base do cérebro, tireóide e paratireóide perto da laringe, supra-renais (adrenais) sobre os rins, pâncreas perto do estômago, ovários na cavidade pélvica, testículos no escroto, pineal na base do cérebro e timo na cavidade topácica. *Função:* Produzem hormônios que regulam diversas atividades corporais.

Vista seccional da glândula (500x)

Diagrama da glândula exócrina

Microfotografias do mesotélio e exócrina, © Biophoto, Photo Researchers; cápsula glomerular, cuboidal simples, colunar simples (ciliado), escamoso estratificado, colunar estratificado e colunar pseudoestratificado, cortesia de Andrew J. Kuntzman; colunar simples (não-ciliado), Ed Reschke; endócrina, Lester Bergman e colaboradores; cuboidal estratificado, Biological Photo Service; exócrina, © Bruce Iverson.

po. O epitélio pseudoestratificado colunar não-ciliado não apresenta cílios ou células caliciformes.

Epitélio Glandular

Objetivo: *Definir uma glândula e distinguir entre glândulas endócrinas e exócrinas.*

A função do epitélio glandular é a secreção, efetuada pelas células agrupadas (ou não) bem abaixo do epitélio de revestimento. Uma *glândula* pode constituir-se de uma célula ou de um grupo de células epiteliais altamente especializadas que secretam substâncias no interior de ductos, em superfícies ou no sangue. A produção de tais substâncias sempre requer trabalho ativo por parte das células e resulta em gasto de energia. Todas as glândulas do corpo são classificadas em endócrinas ou exócrinas (ou mistas, quando apresentam os dois tipos de secreção).

As ***glândulas exócrinas*** (*exo* = fora; *krin* = secretar) secretam seus produtos no interior de ductos (tubos) que os despejam na superfície do epitélio de revestimento ou diretamente em uma superfície livre. O produto de uma glândula exócrina pode ser liberado na superfície da pele ou na luz (cavidade) de um órgão oco. As secreções de glândulas exócrinas incluem muco, suor, óleo, cera e enzimas digestivas. As glândulas sudoríparas e salivares são exemplos de glândulas exócrinas.

As ***glândulas endócrinas*** (*endo* = dentro) não possuem ductos; seus produtos secretores entram no fluido extracelular e difundem-se para o sangue. As secreções de glândulas endócrinas são sempre hormônios, substâncias químicas que regulam diversas atividades fisiológicas. As glândulas supra-renais (adrenais), (pituitária) e tireóide são exemplos de glândulas endócrinas.

Tecido Conjuntivo

O tecido mais abundante no corpo é o *tecido conjuntivo*. Ele une, sustenta e reforça outros tecidos do corpo, protege e isola órgãos internos e compartimentaliza estruturas tais como os músculos estriados esqueléticos.

Características Gerais do Tecido Conjuntivo

A seguir, citamos as características gerais do tecido conjuntivo:

1. O tecido conjuntivo consiste de três elementos básicos: (1) células, (2) substância fundamental e (3) fibras. Juntas, a substância fundamental e as fibras, que se encontram fora das células, formam a matriz (discutida em detalhes a seguir). As células do tecido conjuntivo raramente tocam umas às outras; estão separadas por uma quantidade considerável de matriz.
2. O tecido conjuntivo geralmente não aparece em superfícies livres, tais como revestimentos de órgãos internos ou superfície externa do corpo.
3. Com exceção das cartilagens, o tecido conjuntivo, assim como o epitélio, é inervado.

4. O tecido conjuntivo é geralmente altamente vascularizado (tem um rico suprimento sangüíneo). As exceções incluem as cartilagens, que são avasculares, e os tendões, que têm um suprimento sangüíneo reduzido.
5. A **matriz** de um tecido conjuntivo, que pode ser fluida, gelatinosa, fibrosa ou calcificada, é geralmente secretada pelas células do tecido conjuntivo e células adjacentes e determina as qualidades do tecido.

Células do Tecido Conjuntivo

A seguir estão algumas das células que fazem parte dos diversos tipos de tecido conjuntivo. Os tecidos específicos aos quais pertencem serão descritos mais adiante.

1. Os ***fibroblastos*** (*fibro* = fibra) são as células mais numerosas. Elas secretam as moléculas que formam a substância fundamental e as fibras.
2. Os ***macrófagos*** (*macro* = grande; *phagein* = comer) são capazes de englobar bactérias e resíduos celulares por fagocitose (veja o Capítulo 3). Dessa maneira, fornecem um mecanismo de defesa vital para o organismo.
3. Os ***plasmócitos*** secretam anticorpos e, por isso, são responsáveis por outro mecanismo de defesa, por meio da imunidade.
4. Os ***mastócitos*** são abundantes ao longo de vasos sangüíneos. Produzem histamina, uma substância química que dilata (alarga) pequenos vasos sangüíneos durante inflamações.

Matriz do Tecido Conjuntivo

Cada tipo de tecido conjuntivo tem propriedades únicas devido à matriz entre as células. A matriz contém ***fibras*** proteicas embebidas em ***substância fundamental*** e fluida, gelatinosa ou sólida. As células do tecido conjuntivo geralmente produzem a substância fundamental e a depositam no espaço entre as células.

Além das substâncias químicas normalmente encontradas no fluido extracelular, a substância fundamental também contém diversos outros materiais. Dois exemplos destes materiais são: (1) ***Ácido hialurônico***, uma substância viscosa escorregadia, que une as células, lubrifica articulações e auxilia a manter o formato dos olhos. Também parece ter papel auxiliar na migração dos fagócitos (células capazes de fagocitose) através do tecido conjuntivo durante o reparo e o desenvolvimento de um ferimento. (2) ***Sulfato de condroitina***, uma substância gelatinosa que proporciona suporte e adesão à cartilagem, aos ossos, à pele e aos vasos sangüíneos.

A substância fundamental sustenta as células e as mantém juntas, proporcionando um meio através do qual células e sangue trocam substâncias. É relativamente ativa na migração, nas funções metabólicas e no desenvolvimento de tecidos.

As fibras na matriz dão força e sustentação para os tecidos. Três tipos de fibras estão embebidos na matriz entre as células do tecido conjuntivo: colágenas, elásticas e reticulares.

As ***fibras colágenas*** (*kolla* = cola) são muito duras e resistentes à tração, ainda assim, permitem certa flexibilidade. Essas fibras normalmente ocorrem em feixes, um arranjo que lhes confere grande força. Quimicamente, as fibras colágenas são formadas pela proteína *colágeno*. Esta é a proteína mais abundante em seu corpo, representando em torno de 25% da proteína total. As fibras colágenas são encontradas na maioria dos tipos de tecido conjuntivo, especialmente osso, cartilagem, tendão e ligamento.

As ***fibras elásticas*** são menores que as colágenas, ramificam-se e tornam a se unir livremente entre si. Consistem de uma proteína denominada *elastina*. Como as fibras colágenas, as fibras elásticas conferem força. Além disso, podem ser esticadas consideravelmente sem se quebrarem. As fibras elásticas são abundantes na pele, nos vasos sangüíneos e nos pulmões.

As ***fibras reticulares*** (*rete* = rede), compostas de *colágeno* revestido de *glicoproteína*, dão sustentação às paredes dos vasos sangüíneos e formam uma rede ao redor de células adiposas, de fibras nervosas e de células musculares estriadas esqueléticas e lisas. Produzidas por fibroblastos, são muito mais finas que as fibras colágenas e formam redes ramificadas. Como as fibras colágenas, dão sustentação e força.

Classificação do Tecido Conjuntivo

Objetivo: *Explicar como o tecido conjuntivo é classificado.*

Classificaremos o tecido conjuntivo como se segue:

- I. Tecido conjuntivo embrionário
  - A. Mesênquima
  - B. Tecido conjuntivo mucoso
- II. Tecido conjuntivo adulto (maduro)
  - A. Tecido conjuntivo frouxo
    1. Tecido conjuntivo areolar
    2. Tecido adiposo
    3. Tecido conjuntivo reticular
  - B. Tecido conjuntivo denso
    1. Tecido conjuntivo denso modelado
    2. Tecido conjuntivo denso não-modelado
    3. Tecido conjuntivo elástico
  - C. Cartilagem
    1. Cartilagem hialina
    2. Fibrocartilagem
    3. Cartilagem elástica
  - D. Tecido ósseo
  - E. Tecido sangüíneo

A maioria dos tecidos conjuntivos descritos nas seções seguintes está ilustrada no Quadro 4.2. Junto às ilustrações, encontram-se descrições, localizações e funções dos tecidos.

Tecido Conjuntivo Embrionário

O tecido conjuntivo que está presente principalmente no embrião ou no feto é chamado de ***tecido conjuntivo embrionário***.

Um tecido conjuntivo embrionário encontrado quase exclusivamente no embrião é o ***mesênquima*** – o tecido a partir do qual todos os demais tecidos conjuntivos são formados. É composto de células mesenquimáticas de formato irregular, uma substância fundamental semifluida e fibras reticulares frágeis.

O ***tecido conjuntivo mucoso*** é um tecido conjuntivo embrionário gelatinoso encontrado principalmente no feto, no cordão umbilical, onde sustenta a parede do cordão. Consiste de fibroblastos bem-espalhados, uma substância fundamental gelatinosa e fibras colágenas.

Tecido Conjuntivo Adulto (Maduro)

O ***tecido conjuntivo adulato*** (***maduro***) existe no recém-nascido, tem células produzidas a partir do mesênquima e não se

modifica após o nascimento. É subdividido em (1) tecido conjuntivo frouxo, (2) tecido conjuntivo denso, (3) cartilagem, (4) osso e (5) sangue.

Tecido Conjuntivo Frouxo

No tecido conjuntivo frouxo, as fibras são frouxamente organizadas e as células são numerosas. Divide-se em areolar, adiposo e reticular.

Tecido Conjuntivo Areolar Este tecido é um dos tecidos conjuntivos mais amplamente distribuídos no corpo. Contém vários tipos de células, incluindo fibroblastos, macrófagos, plasmócitos e mastócitos. Todos os três tipos de fibras – colágenas, elásticas e reticulares – estão presentes. A substância fundamental fluida ou gelatinosa contém principalmente ácido hialurônico. Combinado ao tecido adiposo, o tecido conjuntivo areolar forma a tela (***camada***) ***subcutânea*** (*sub* = sob; *cutis* = pele) – a camada de tecido que liga a pele aos tecidos e aos órgãos subjacentes.

Tecido Adiposo Este tecido é um tecido conjuntivo frouxo no qual as células, chamadas de ***adipócitos*** (*adeps* = gordura), são especializadas para armazenagem de triglicerídeos (gordura). Os adipócitos são derivados de fibroblastos. Devido ao acúmulo de gotícula de triglicerídeos, o citoplasma e o núcleo são empurrados para a margem da célula. O tecido adiposo é um bom isolante e pode, assim, reduzir a perda de calor através da pele. Também é uma das principais reservas de energia e geralmente dá sustentação e proteção a diversos órgãos.

Tecido Conjuntivo Reticular O tecido conjuntivo reticular consiste de células e fibras finas entrelaçadas. Forma o ***estroma*** (arcabouço) de certos órgãos e auxilia na união das células do músculo liso.

Tecido Conjuntivo Denso

O ***tecido conjuntivo denso*** contém fibras mais numerosas, espessas e *densas*, porém, consideravelmente menos células que o tecido conjuntivo frouxo. Os tipos são tecido conjuntivo denso modelado, tecido conjuntivo denso não-modelado e tecido conjuntivo elástico.

Tecido Conjuntivo Denso Modelado Neste tecido, os feixes de fibras colágenas têm um arranjo *regular* (ordenado), paralelo, que confere grande força ao tecido. A estrutura do tecido resiste à tração em uma direção. Os fibroblastos, que produzem as fibras e substância fundamental, aparecem em fileiras entre as fibras. O tecido é branco prateado e forte, porém, de certa maneira, flexível.

Tecido Conjuntivo Denso Não-modelado Este tecido contém fibras colágenas que são normalmente organizadas de maneira *irregular*. É encontrado em partes do corpo que sofrem tensões em várias direções. Esse tecido geralmente distribui-se em lâminas.

Tecido Conjuntivo Elástico Neste tecido predominam as fibras elásticas que se ramificam livremente. Os fibroblastos estão presentes no espaço entre as fibras. O tecido conjuntivo elástico pode ser esticado e voltará prontamente à sua forma normal (elasticidade).

[*] Segundo alguns autores, o tecido conjuntivo areolar corresponde ao tecido conjuntivo frouxo e o constitui, junto com as duas variedades de tecido conjuntivo eenso, o tecido conjuntivo propriamente dito. Por outro lado, os tecidos mucoso, adiposo, reticular e elástico são por eles considerados como tecido conjuntivo de propriedades especiais.

O tecido dá força e elasticidade, permitindo que as estruturas exerçam sua função eficientemente.

Cartilagem

A ***cartilagem*** é capaz de suportar consideravelmente mais estresse que os tecidos já discutidos. Ao contrário dos outros tecidos conjuntivos, a cartilagem não possui vasos sangüíneos ou nervos, com exceção do ***pericôndrio*** (*peri* = ao redor; *chondros* = cartilagem), a túnica de tecido conjuntivo denso não-modelado que reveste a superfície da cartilagem. A cartilagem consiste de uma rede densa de colágeno e fibras elásticas embebidas em uma matriz firme de sulfato de condroitina, uma substância gelatinosa. Enquanto a resistência da cartilagem for devida às suas fibras colágenas, sua elasticidade (habilidade de assumir sua forma original após deformação) é dada pelo sulfato de condroitina. As células da cartilagem madura, chamadas de ***condrócitos,*** aparecem isoladas ou em grupos dentro de espaços chamados de ***lacunas*** (*lacuna* = lagoa) na matriz. Existem três tipos de cartilagem: hialina, fibrocartilagem e elástica (veja o Quadro 4.2)

Cartilagem Hialina Esta cartilagem aparece no corpo como uma estrutura brilhante branco-azulada. As finas fibras colágenas, embora presentes, não são visíveis com técnicas comuns de coloração e os condrócitos proeminentes encontram-se nas lacunas. A cartilagem hialina é o tipo mais abundante no corpo. Confere flexibilidade e sustentação, reduz a fricção e absorve o choque nas articulações. A cartilagem hialina é a mais fraca dos três tipos de cartilagem. O papel da cartilagem hialina na formação do osso é discutido no Capítulo 6.

Fibrocartilagem Os condrócitos estão espalhados entre feixes de fibras colágenas claramente visíveis no interior da matriz desse tipo de cartilagem. Esse tecido combina força e rigidez e é o mais forte dos três tipos de cartilagem.

Cartilagem Elástica Neste tecido, os condrócitos localizam-se dentro de uma rede filiforme de fibras elásticas no interior da matriz. A cartilagem elástica dá força e mantém a forma de certos órgãos.

Tecido Ósseo

Juntos, as cartilagens, as articulações e o ***tecido ósseo*** formam o sistema esquelético. Os detalhes do tecido ósseo serão abordados no Capítulo 6.

Tecido Sangüíneo

O tecido sangüíneo é um tecido conjuntivo com uma matriz líquida chamada de plasma. Suspensos no plasma estão os elementos figurados – células, chamadas glóbulos vermelhos e glóblos brancos e fragmentos de células, as plaquetas.

Os detalhes sobre o sangue serão abordados no Capítulo 14.

Túnicas

Objetivo: *Descrever os vários tipos de túnicas no corpo.*

A combinação de uma camada epitelial com uma camada de tecido conjuntivo subjacente forma uma ***túnica epitelial***. Os três tipos de membrana epitelial constituem as túnicas mucosa e serosa, e acútis. O quarto tipo de túnica do corpo, sinovial, não contém epitélio.

Quadro 4.2 Tecidos Conjuntivos

TECIDO CONJUNTIVO EMBRIONÁRIO

Mesênquima

Descrição: Consiste de células mesenquimáticas, de forma irregular, embebidas em substância fundamental semifluida que contém fibras reticulares.

Localização: Sob a pele e ao longo de ossos em desenvolvimento no embrião e, em adultos, ao longo dos vasos sangüíneos.

Função: Forma todos os outros tipos de tecido conjuntivo.

Vista seccional de mesênquima de um feto em desenvolvimento (800x)

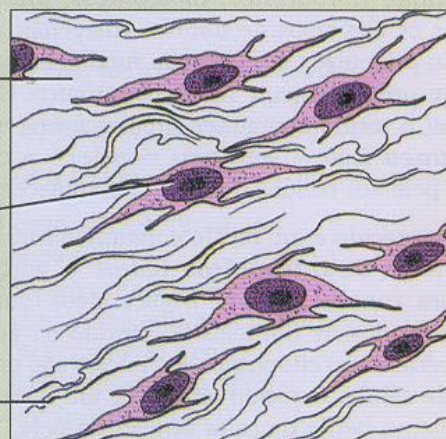
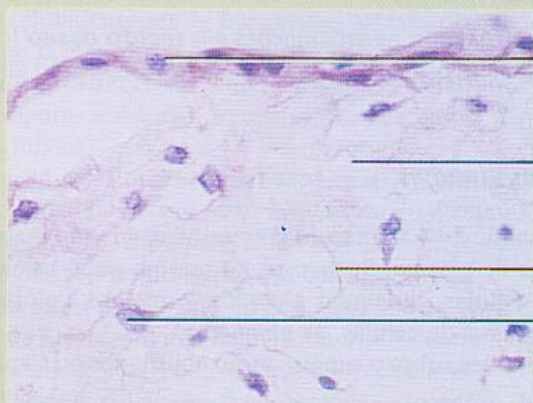



Diagrama do mesênquima

Tecido conjuntivo mucoso

Descrição: Consiste de fibroblastos muito espalhados, embebidos em uma substância fundamental gelatinosa que contém fibras finas de colágeno.

Localização: Cordão umbilical no feto.

Função: Sustentação.

Vista seccional do cordão umbilical (457x)

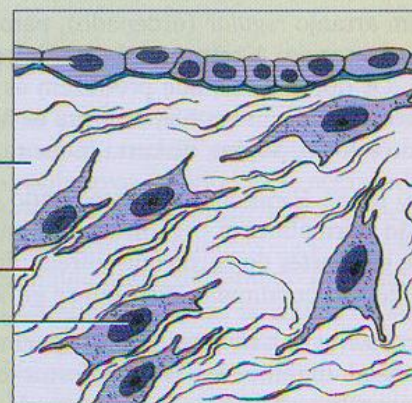



Diagrama do tecido conjuntivo mucoso

(*Continua*)

Quadro 4.2 Tecidos Conjuntivos (Continuação)

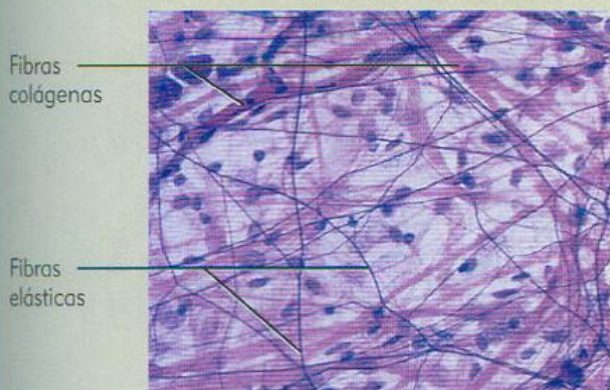
TECIDO CONJUNTIVO MADURO

TECIDO CONJUNTIVO FROUXO

Tecido conjuntivo areolar

Descrição: Consiste de fibras (colágenas, elásticas e reticulares) e vários tipos de células (fibroblastos, macrófagos, plasmócitos e mastócitos) embebidas em substância fundamental semifluida.

Localização: Tela (camada) subcutânea da pele; parte superior da derme da pele, túnicas mucosas, vasos sangüíneos, nervos e em torno dos órgãos do corpo.

Função: Força, elasticidade e sustentação.

Vista seccional do tecido subcutâneo (224x)

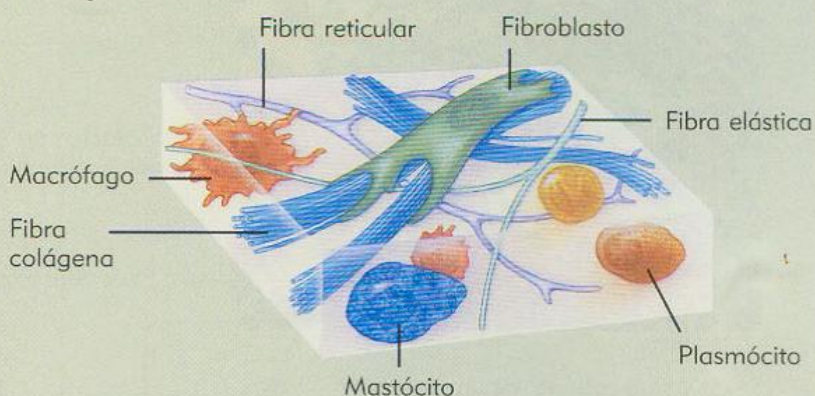



Diagrama do tecido conjuntivo areolar

Tecido adiposo

Descrição: Consiste de adipócitos – células cujos núcleos estão deslocados para o lado – que são especializadas em armazenagem de gordura.

Localização: Tela (camada) subcutânea da pele, em torno do coração e rins, medula óssea amarela em ossos longos, coxins ao redor das articulações junto ao olho, na órbita (corpo adiposo)

Função: Reduz a perda de calor pela pele, serve como reserva de energia, sustenta e protege.

Vista seccional dos adipócitos da gordura branca do pâncreas (350x)

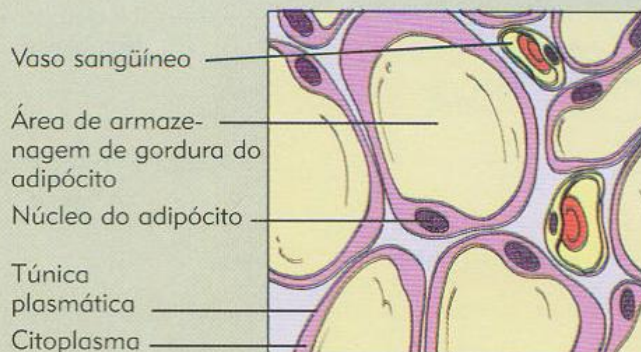



Diagrama do tecido adiposo

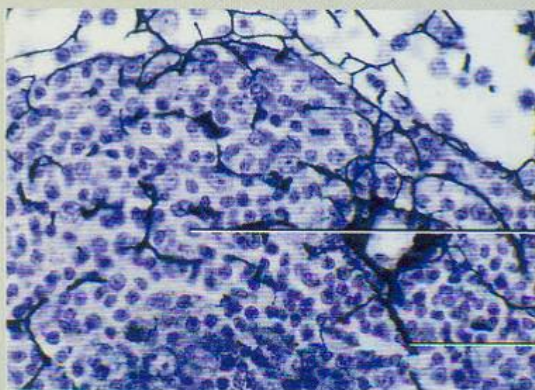
(Continua)

Quadro 4.2 Tecidos Conjuntivos (Continuação)

Tecido conjuntivo reticular

Descrição: Consiste de uma rede de células reticulares e fibras reticulares entrelaçadas.

Localização: Estroma (rede) do fígado, do baço, dos linfonodos; porção da medula óssea que origina as células sangüíneas; ao redor de vasos sangüíneos e músculos.

Função: Forma o estroma dos órgãos; une as células do músculo liso.

Vista seccional de um linfonodo (496x)

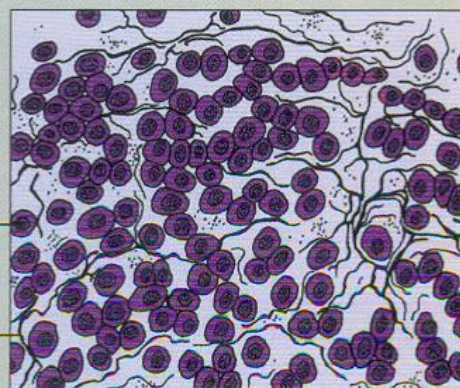



Diagrama do tecido conjuntivo reticular

TECIDO CONJUNTIVO DENSO

Tecido conjuntivo denso modelado

Descrição: Matriz branca e brilhante; consiste predominantemente de fibras colágenas em feixes; fibroblastos presentes em fileiras entre os feixes.

Localização: Forma tendões (fixam músculos a ossos), ligamentos (fixam ossos a outros ossos) e aponeuroses (tendões em forma de lâmina que fixam músculos a outros músculos ou a ossos).

Função: Proporciona uma ligação forte entre estruturas diversas.

Vista seccional de um tendão (250x)

Diagrama do tecido conjuntivo denso modelado

(Continua)

Quadro 4.2 Tecidos Conjuntivos (Continuação)

TECIDO CONJUNTIVO DENSO

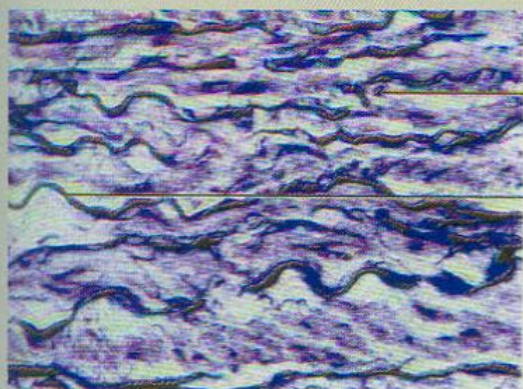
Tecido conjuntivo denso não-modelado

Descrição: Consiste predominantemente de fibras colágenas, arranjadas ao acesso, e poucos fibroblastos.
Localização: Fáscias (tecido abaixo da pele e em torno de músculos e outros órgãos); região mais profunda da derme da pele; periósteo; cápsulas articulares; cápsulas membranosas ao redor de vários órgãos (rins, testículos, fígado, linfonodos), válvulas cardíacas.
Função: Proporciona força.

Vista seccional da derme da pele (275x)

Diagrama de tecido conjuntivo denso não-modelado

Tecido conjuntivo elástico

Descrição: Consiste predominantemente de fibras elásticas que se ramificam livremente; fibroblastos presentes nos espaços entre as fibras.
Localização: Tecido pulmonar, paredes de determinadas artérias, traquéia, brônquios, pregas vocais verdadeiras.
Função: Permite a distensão de vários órgãos.

Vista seccional da aorta (maior artéria do corpo humano) (335x)

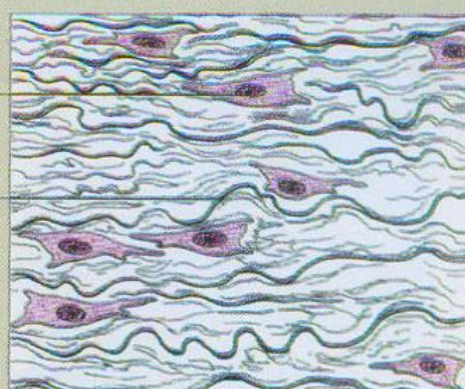



Diagrama do tecido conjuntivo elástico

(Continua)

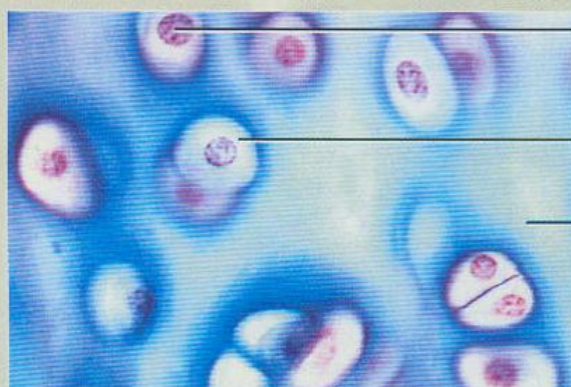
Quadro 4.2 Tecidos Conjuntivos (Continuação)

CARTILAGEM

Cartilagem hialina

Descrição: Aparece como uma massa brilhante branco-azulada; contém numerosos condrócitos; é o tipo mais abundante de cartilagem.

Localização: Extremidades de ossos longos (cartilagem articular) e costelas (cartilagem costal), nariz, partes da laringe, traquéia, brônquios, esqueleto embrionário.

Função: Proporciona movimento nas articulações, flexibilidade e sustentação.

Vista seccional da cartilagem hialina da traquéia (512x)

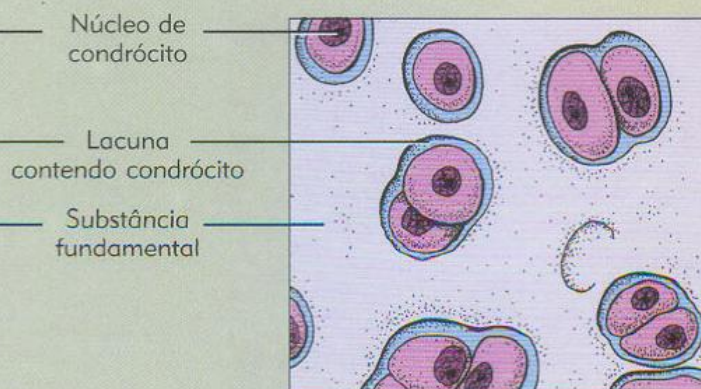



Diagrama da cartilagem hialina

Fibrocartilagem

Descrição: Consiste de condrócitos espalhados entre feixes de fibras colágenas.

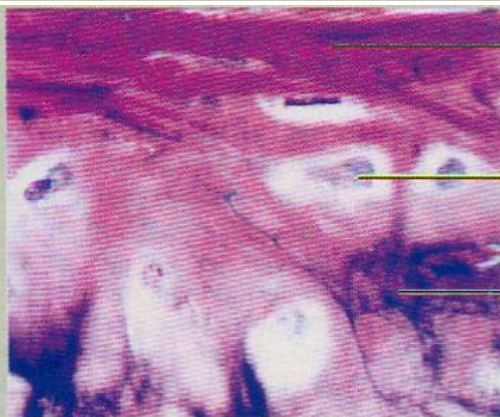
Localização: Articulação entre ossos do quadril (sínfise púbica), discos entre ossos da coluna vertebral (discos intervertebrais), joelhos.

Função: Sustentação e fusão.

Diagrama da fibrocartilagem

Vista seccional de fibrocartilagem na inserção do tendão patelar (742x)

(Continua)

Quadro 4.2	Tecidos Conjuntivos (Continuação)
Cartilagem elástica	*Descrição:* Consiste de condrócitos localizados em uma rede filiforme de fibras elásticas. *Localização:* Parte superior da laringe (epiglote), orelha externa e tubas auditivas (trompas de Eustáquio). *Função:* Sustentação e manutenção da forma.

Vista seccional da cartilagem elástica da orelha (pavilhão) (742x)

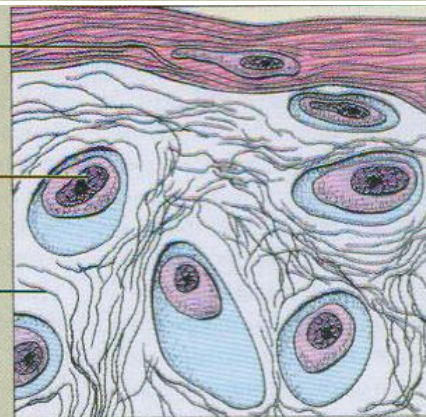



Diagrama da cartilagem elástica

Túnicas Mucosas

A ***túnica mucosa*** reveste uma cavidade corporal que se abre diretamente para o exterior. As túnicas mucosas revestem internamente os órgãos dos sistemas digestório, respiratório, urinário e genital na sua totalidade.

A camada epitelial de uma túnica mucosa secreta muco, que evita que a cavidade sofra ressecamento. Também aprisiona partículas nas vias aéreas, lubrifica e absorve alimentos à medida que estes se movem pelo trato gastrintestinal e secreta enzimas digestivas.

A camada de tecido conjuntivo une o epitélio às estruturas subjacentes. Também proporciona oxigenação e nutrientes ao epitélio e remove dejetos, uma vez que é nela que os vasos sangüíneos estão localizados (veja a Figura 19.2).

Túnicas Serosas

A ***túnica serosa*** reveste uma cavidade do corpo que não se abre diretamente para o exterior e reveste os órgãos contidos nessa cavidade. As túnicas serosas consistem de duas porções. A parte associada à parede da cavidade é chamada de ***porção parietal*** (*paries* = parede); a parte que reveste os órgãos é a ***porção visceral*** (*viscus* = órgão do corpo). A túnica serosa que reveste a cavidade torácica e recobre os pulmões é chamada de ***pleura*** (veja a Figura 18.5). A que reveste o coração e sua cavidade é o ***pericárdio*** (cardio = coração). A que reveste a cavidade abdominal e os órgãos abdominais, e alguns órgãos pélvicos, é chamada de ***peritônio***.

A camada epitelial, chamada de ***mesotélio***, secreta um fluido seroso lubrificante que permite que os órgãos deslizem uns contra os outros e contra as paredes da cavidade. A camada de tecido conjuntivo é uma camada fina de tecido conjuntivo aureolar.

Túnicas Cutâneas

A ***cútis***, ou pele, é um órgão do tegumento comum e será discutido no capítulo seguinte.

Membranas Sinoviais

As ***membranas sinoviais*** revestem as cavidades de algumas articulações (veja a Figura 7.1). São compostas de tecido conjuntivo areolar com fibras elásticas e quantidades variáveis de gordura; não apresentam camada epitelial. As túnicas sinoviais secretam ***sinóvia*** (líquido sinovial), que lubrifica as extremidades dos ossos que se movem nas articulações e nutre a cartilagem articular que recobre essas extremidades.

Tecido Muscular

O ***tecido muscular*** consiste de fibras (células) que são altamente especializadas para contração. Os resultados da contração são movimento, manutenção de postura e produção de calor. O tecido muscular será descrito detalhadamente no Capítulo 8.

Tecido Nervoso

O tecido nervoso consiste de dois tipos de células: neurônios e células da neuróglia. Os ***neurônios*** (*neuron* = nervo), ou células nervosas, são células altamente especializadas capazes de captar estímulos, convertê-los em impulsos nervosos e conduzí-los a outros neurônios, fibras musculares ou glândulas. A ***neuróglia*** (glia = cola) protege e sustenta os neurônios. O tecido nervoso será descrito em detalhes no Capítulo 9.

foco no bem-estar

Adaptação Tissular: Benefícios à Saúde pelo Treinamento de Força

A frase "use-o ou perca-o" refere-se às adaptações que ocorrem nos músculos e nas estruturas de tecidos conjuntivos associados, em resposta a estímulos ambientais. Um estilo de vida no qual os níveis mais altos de esforço consistem em andar do sofá até a geladeira, não requer muita força musculoesquelética. Os músculos habituados a esse estilo de vida enfraquecem e atrofiam. Por outro lado, o treinamento de força regular manda uma mensagem ao sistema musculoesquelético de que o ambiente desafiador requer força muscular. O tecido adapta-se ao estresse – o que é conhecido como o efeito do treinamento. Quando submetemos os músculos a estresse, eles se tornam mais fortes; quando submetemos os ossos a estresse, eles se tornam mais densos.

O treinamento de força refere-se a qualquer tipo de exercício no qual os músculos fazem força contra algum tipo de resistência. O treinamento com pesos, por exemplo, usa pesos livres ou máquinas para aplicar resistência. A resistência também pode ser aplicada em exercícios calistênicos, como os "apoios", em que o peso do corpo é a resistência contra a qual os músculos (nesse caso, os músculos do braço) trabalham.

Força para Prosseguir

Certamente, o benefício mais conhecido do levantamento é o aumento da massa e da força muscular. Mas os benefícios do levantamento de peso vão muito além da aquisição de poder muscular. Em nossa sociedade sedentária, muitos problemas ortopédicos são resultados de fraqueza e falta de flexibilidade, que são freqüentemente atribuídos desdenhosamente ao processo "natural" de envelhecimento. Estudos mostram que, entre as idades de 20 e 70 anos, as pessoas perdem aproximadamente 30 % de sua massa muscular, uma perda que soma alguns quilos por década. Parte dessa perda é inevitável e é devida ao fato de que perdemos células musculares à medida que envelhecemos. Mas muito dessa perda resulta de baixos níveis de atividade mais do que do processo de envelhecimento. Em músculos "sedentários", as células que restam encolhem e enfraquecem. O treinamento de força regular auxilia na prevenção dessa atrofia das células musculares.

Outro resultado importante do levantamento de peso é que outras estruturas de tecido conjuntivo, tais como tendões, ligamentos e cápsulas articulares, também aumentam em resistência. As articulações mais fortes têm menor tendência a danos e as articulações mais saudáveis e resistentes aumentam a habilidade e o prazer nos esportes. Aparentemente, o levantamento de peso também fortalece os ossos e pode, assim, maximizar a deposição de minerais ósseos em adultos jovens e prevenir, ou pelo menos retardar, a perda mineral que os ossos sofrem em idades mais avançadas.

Pesquisa preliminare sugere que o treinamento de força oferece algum benefício na prevenção de doenças cardíacas, benefícios esses tradicionalmente associados aos exercícios aeróbicos, incluindo o controle do colesterol,do açúcar no sangue eda pressão arterial.

"Brincadeira" Metabólica

As pessoas que estão tentando perder peso são geralmente levadas a participar de exercícios aeróbicos, porque estes queimam mais calorias que o levantamento de peso. Enquanto o exercício aeróbico requer um gasto maior de energia por minuto, o levantamento de peso pode ainda auxiliar como suplemento ao exercício aeróbico, por dois motivos. Em primeiro lugar, pode prevenir lesões, principalmente em pessoas com baixo nível de preparo físico. Muitas lesões que ocorrem em pessoas que estão iniciando no exercício são devidas a se forçar um corpo mal-condicionado fisicamente a fazer muito, muito cedo. Um iniciante pode beneficiar-se "entrando em forma" antes de começar o seu programa de exercícios. Em segundo lugar, o levantamento de peso pode ter um papel importante em um programa de controle de peso, porque ajudará a manter ou aumentar a quantidade de tecido muscular da pessoa. Uma vez que os processos metabólicos ocorrem a taxas muito mais altas – mesmo em repouso – em tecidos corporais não-adiposos, quanto maior sua massa não-adiposa (da qual uma grande parte é massa muscular), maior será sua taxa metabólica e mais calorias você poderá ingerir sem ganhar peso.

Pensamento Crítico

Na sua opinião, porque o tecido mus-cular tem taxa metabólica mais alta qu- o tecido adiposo?

O que você diria ao seu tio de 65 ano- que acha que treinamento de força apenas para atletas?

Resumo dos Estudos

Tipos de Tecidos

1. Um tecido é um conjunto de células semelhantes e sua substância intercelular, especializada para deteminada função.
2. Os tecidos do corpo são classificados em quatro tipos principais: epitelial, conjuntivo, muscular e nervoso.

Tecido Epitelial

Características Gerais do Tecido Epitelial

1. Os tipos gerais de epitélio incluem o epitélio de revestimento e o epitélio glandular.
2. Algumas características gerais do epitélio são: consiste, na sua maior parte, de células com pouco material extracelular, organizadas em camadas, ligadas ao tecido conjuntivo pela membrana basal; avascular (sem vasos sangüíneos); com suprimento nervoso; pode-se regenerar.

Epitélio de Revestimento (p. 64)

1. As formas das células incluem escamosas (achatadas), cuboidais, colunares (retangulares) e de transição (variadas); as camadas aparecem em arranjo simples (uma camada), estratificado (várias camadas) e pseudoestratificado (uma camada com aparência de várias).
2. O epitélio escamoso simples consiste de uma camada única de células achatadas. É adaptado para difusão e filtração e é encontrado nos pulmões e nos rins.
3. O epitélio cuboidal simples consiste de uma camada única de células em forma de cubo. É adaptado para secreção e absorção. É encontrado recobrindo os ovários, nos rins e nos olhos, e revestindo alguns ductos de glândulas.
4. O epitélio colunar simples não-ciliado consiste de uma camada única de células retangulares sem cílios. Reveste a maior parte do trato gastrintestinal. As células especializadas com microvilosidades fazem a absorção. As células caliciformes secretam muco. O epitélio colunar simples ciliado consiste de uma camada única de células retangulares ciliados. É encontrado em pequenas porções da via respiratória superior onde tem função de mover partículas estranhas presas no muco para fora do corpo.
5. O epitélio estratificado escamoso consiste de várias camadas de células, sendo que a camada superficial é de células achatadas. Tem função protetora. Reveste o trato gastrintestinal superior e a vagina (não-queratinizado) e forma a camada mais externa da pele (queratinizado).
6. O epitélio estratificado cuboidal consiste de várias camadas de células, sendo que a camada superficial é de células cuboidais. Encontra-se nas glândulas sudoríparas e em parte da uretra masculina.
7. O epitélio estratificado colunar consiste de várias camadas de células, sendo que a camada superficial é de células retangulares. Protege e secreta. Encontra-se na uretra masculina e nos ductos excretores grandes.
8. O epitélio de transição consiste de várias camadas de células de aparência variável. Reveste a bexiga urinária e é capaz de estender-se.
9. O epitélio colunar pseudoestratificado tem apenas uma camada de células, mas aparenta ter várias. Reveste ductos excretores maiores, partes da uretra, tuba auditiva e a maior parte da via respiratória superior, onde protege e secreta.

Epitélio Glandular

1. Uma glândula é uma única célula, ou uma massa de células adaptadas para secreção.
2. As glândulas exócrinas (sudoríparas, sebáceas e digestivas) secretam seus produtos em ductos ou diretamente sobre uma superfície livre.
3. As glândulas endócrinas secretam hormônios no sangue.

Tecido Conjuntivo

1. O tecido conjuntivo é o tecido mais abundante no corpo.
2. Algumas características gerais do tecido conjuntivo são: consiste de células, substância fundamental e fibras; tem matriz abundante com relativamente poucas células; não ocorre em superfícies livres; tem inervação (exceto cartilagens e tendões); tem suprimento sangüíneo abundante (exceto as cartilagens e os tendões).

Células do Tecido Conjuntivo

1. As células do tecido conjuntivo incluem fibroblastos (secretam matriz e fibras), macrófagos (fagócitos), plasmócitos (secretam anticorpos) e mastócitos (produzem histamina).

Matriz do Tecido Conjuntivo

1. A substância fundamental e às fibras constituem a matriz.
2. As substâncias encontradas na substância fundamental incluem ácido hialurônico e sulfato de condroitina.
3. A substância fundamental sustenta, une, proporciona um meio para a troca de materiais, e influencia ativamente as funções celulares.
4. As fibras conferem força e sustentação e são de três tipos.
5. As fibras colágenas (compostas de colágeno) são encontradas em ossos, tendões e ligamentos; as fibras elásticas (compostas de elastina) são encontradas na pele, nos vasos sangüíneos e nos pulmões; e as fibras reticulares (compostas de colágeno e glicoproteína) são encontradas em torno de células adiposas, fibras nervosas e células musculares lisas e estriadas esqueléticas.

Tecido Conjuntivo Embrionário

1. O mesênquima forma todos os outros tecidos conjuntivos.
2. O tecido conjuntivo mucoso é encontrado no cordão umbilical no feto, onde proporciona sustentação.

Tecido Conjuntivo Adulto Maduro

1. O tecido conjuntivo adulto maduro é tecido conjuntivo que existe no recém-nascido e não se modifica após o nascimento. É subdividido em vários tipos: tecido con-

juntivo frouxo, tecido conjuntivo denso, cartilagem, osso e sangue.
2. O tecido conjuntivo frouxo inclui tecido conjuntivo areolar, tecido adiposo e tecido conjuntivo reticular.
3. O tecido conjuntivo areolar consiste de três tipos de fibras, vários tipos de células e uma substância fundamental semifluida. É encontrado na tela subcutânea e nas túnicas mucosas e ao redor de vasos sangüíneos, nervos e órgãos do corpo.
4. O tecido adiposo consiste de adipócitos que armazenam gordura. É encontrado na tela subcutânea, em torno de vários órgãos e na medula óssea amarela de ossos longos.
5. O tecido conjuntivo reticular consiste de fibras reticulares e células reticulares e é encontrado no fígado, no baço e nos nódulos linfáticos.
6. O tecido conjuntivo denso inclui os tipos modelado, não-modelado e elástico.
7. O tecido conjuntivo denso modelado consiste de feixes de fibras colágenas e fibroblastos. Forma tendões, ligamentos e aponeuroses.
8. O tecido conjuntivo denso não-modelado consiste de fibras de colágeno organizadas aleatoriamente e poucos fibroblastos. É encontrado na derme da pele e em cápsulas membranosas.
9. O tecido conjuntivo elástico consiste de fibras elásticas e fibroblastos. É encontrado nos pulmões, nas paredes das artérias e nos brônquios.
10. A cartilagem tem uma matriz gelatinosa firme (sulfato de condroitina) contendo colágeno e fibras elásticas e condrócitos.
11. A cartilagem hialina é encontrada no esqueleto embrionário, na extremidade dos ossos, no nariz e em estruturas respiratórias. É flexível, permite movimento e dá sustentação.
12. A fibrocartilagem é encontrada na sínfise púbica, nos discos intervertebrais e nos meniscos.
13. A cartilagem elástica mantém a forma de órgãos tais como a epiglote da laringe, as tubas auditivas e à orelha externa (pavilhão).
14. O tecido ósseo, a cartilagem e as articulações constituem o sistema esquelético.
15. O tecido sangüíneo consiste de plasma e elementos figurados (glóbulos vermelhos e brancos e plaquetas).

Túnicas

1. Uma túnica epitelial é uma camada de epitélio sobre uma camada de tecido conjuntivo. São exemplos as túnicas mucosa e serosa e a cútis.
2. As túnicas mucosas revestem cavidades que se abrem para o exterior, tais como o trato gastrintestinal.
3. As túnicas serosas (pleura, pericárdio, peritônio) revestem cavidades fechadas e recobrem os órgãos nestas cavidades. Essas túnicas consistem de porções visceral e parietal.
4. As túnicas sinoviais revestem cavidades de articulações e não contêm epitélio.

Tecido Muscular

1. O tecido muscular é especializado para contração.
2. Por meio da contração, o tecido muscular permite movimento, manutenção de postura e produção de calor.

Tecido Nervoso

1. O tecido nervoso é composto de neurônios (células nervosas) e neuróglia.
2. Os neurônios geram e conduzem impulsos nervosos; a neuróglia protege e sustenta os neurônios.

Auto-avaliação

1. O tecido epitelial tem função de
   a. condução de impulsos nervosos b. armazenagem de gordura c. revestir o corpo e suas partes d. movimento e. armazenagem de minerais
2. Qual dos seguintes NÃO é considerado um tipo de tecido conjuntivo?
   a. sangüíneo b. adiposo c. reticular d. neuróglia e. cartilagem
3. O tipo de tecido epitelial que é composto de muitas camadas de células, sendo que a mais superficial é de células achatadas, é o epitélio ______________.
   a. de transição b. escamoso simples c. pseudoestratificado d. estratificado cuboidal e. escamoso estratificado
4. O epitélio estratificado cuboidal tem função de
   a. proteção b. secreção c. difusão d. movimento de cílios e. absorção
5. Qual das seguintes estruturas NÃO seria encontrada na matriz do tecido conjuntivo?
   a. fibras colágenas b. fibras elásticas c. fibras de queratina d. fibras reticulares e. sulfato de condroitina
6. Os mastócitos produzem
   a. histamina b. anticorpos c. fibras da matriz d. ácido hialurônico e. muco
7. Combine os seguintes tipos de tecidos com sua descrição:

____ a. armazenagem de gordura	A. epitélio escamoso simples
____ b. pode ser distendido	B. tecido conjuntivo denso modelado
____ c. forma o estroma (arcabouço) de muitos órgãos	C. tecido adiposo
____ d. compõe os discos intervertebrais	D. fibrocartilagem
____ e armazena a medula óssea vermelha, protege e sustenta	E. tecido conjuntivo reticular
____ f. transporta O_2 e CO_2	F. tecido sangüíneo
____ g. forma tendões e ligamentos	G. epitélio de transição

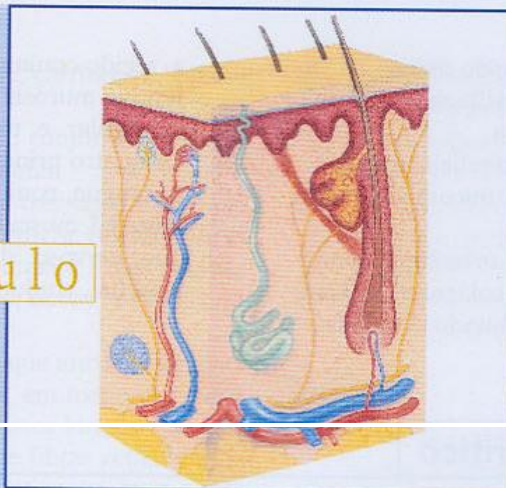
___ h. envolvido em difusão — H. tecido ósseo

___ i. Recobre extremidade dos ossos; no nariz — I. cartilagem hialina

8. Todos os seguintes são tipos de túnicas epiteliais, exceto
a. cútis b. membrana sinovial c. túnica mucosa d. túnica serosa e. peritônio
9. O tipo de tecido caracterizado por uma substância fundamental gelatinosa com fibras reticulares, colágenas e elásticas bem como vários tipos de células, incluindo fibroblastos e macrófagos é
a. tecido conjuntivo denso não-modelado b. tecido conjuntivo mucoso c. cartilagem hialina d. tecido conjuntivo areolar e. mesênquima
10. Os quatro principais tipos de tecidos são
a. sangue, conjuntivo, muscular, nervoso b. conjuntivo, epitelial, muscular, nervoso c. epitelial, embrionário, sangue, nervoso d. epitelial, muscular, frouxo, nervoso e. epitelial, conjuntivo, muscular, membranoso

Aplicação do Pensamento Crítico

1. Dois estudantes universitários voltam para casa ao final do primeiro ano. Os dois pesavam exatamente a mesma coisa quando jogavam no time de futebol da escola secundária. Agora, um deles está 06 quilos mais pesado que o outro. Discuta as possíveis razões para sua diferença de peso e as possíveis conseqüências caso a diferença de peso continue a aumentar.
2. Uma criança começa a pré-escola com o braço engessado. Durante o ano escolar, ela sofre diversas outras fraturas após pequenos acidentes. A professora, preocupada, sugere aos pais conversar com o médico da família sobre a doença do tecido conjuntivo de criança. Discuta as possíveis causas da doença.
3. Como o seu sistema respiratório aprisiona e remove partículas estranhas carregadas pelo ar? Trace a rota que tomam o pólen, a poeira e as partículas de fumaça de cigarro aprisionadas pelo sistema respiratório. Inclua os termos anatômicos para a túnica e os vários tipos de células e suas funções.
4. Você saiu para comer na sua lanchonete preferida: Galinha Frita do Coronel Belíssimo. Um adepto da alimentação saudável sacode uma coxa de frango na sua cara e declara: "Isso é pura gordura!" Usando seus conhecimentos sobre tecidos, defenda a coxa de frango e o que ela realmente contém.
5. As crianças da vizinhança estão andando pela rua com agulhas de costura e alfinetes enfiados nas pontas dos dedos; não há nenhum sangramento aparente. Que camada de tecido elas perfuraram? Como você sabe?
6. Muitos cremes cosméticos para a pele incluem colágeno e elastina entre seus ingredientes. Alguma pessoas injetam preparações à base de colágeno nos lábios e nas rugas. Compare os efeitos, na estrutura da sua pele do uso tópico *versus* a injeção de colágeno.

O Sistema Tegumentar

objetivos do aprendizado

1. Descrever a estrutura e as funções da pele. 85
2. Explicar os pigmentos envolvidos na cor da pele. 88
3. Descrever a estrutura e as funções dos órgãos acessórios da pele. 88
4. Descrever os efeitos do envelhecimento no sistema tegumentar. 90
5. Explicar como a pele auxilia a regular a temperatura corporal. 91

uma visão geral

Um grupo de tecidos que realiza uma função específica é um **órgão**. O nível (superior) seguinte de organização é um ***sistema*** – um grupo de órgãos operando em conjunto para realizar funções especializadas. A pele e seus órgãos acessórios, como os pêlos, as unhas, as glândulas e os vários receptores especializados, constituem o ***sistema tegumentar*** (*tegumento* = cobertura) do corpo.

De todos os órgãos do corpo, nenhum é mais facilmente inspecionado ou exposto à infecção, à doença e à lesão que a pele. Devido à sua visibilidade, a pele reflete nossas emoções e alguns aspectos da fisiologia normal, como evidenciado no franzir o cenho, ruborizar-se e transpirar. As alterações na cor da pele podem indicar desequilíbrios homeostáticos no corpo; por exemplo, erupções cutâneas anormais ou exantemas como varicela, úlceras ou sarampo podem revelar infecções sistêmicas ou doenças dos órgãos internos. Outros distúrbios podem envolver apenas a pele em si, como verrugas, manchas senis ou espinhas. A localização da pele torna-a vulnerável à lesão por trauma, luz solar, micróbios ou poluentes no ambiente.

Muitos fatores inter-relacionados podem afetar tanto a aparência quanto a saúde da pele, incluindo nutrição, higiene, circulação, idade, imunidade, herança genética, estado psicológico e drogas. A pele é tão importante para a imagem corporal que as pessoas consomem muito tempo e dinheiro para restaurar uma aparência mais jovem.

Pele

Objetivo: *Descrever a estrutura e as funções da pele.*

A ***pele*** é um órgão pois consiste de diferentes tecidos que são reunidos para realizar atividades específicas. Ela é um dos maiores órgãos em área superficial e peso. Em adultos, a pele cobre uma área de cerca de 2 metros quadrados. A pele não é apenas uma simples e fina cobertura que mantém o corpo unido e fornece proteção. Ela realiza várias funções essenciais, que serão descritas brevemente. A ***Dermatologia*** (*dermato* = pele; *logos* = estudo) é uma especialidade médica que abrange o diagnóstico e o tratamento dos distúrbios da pele.

Estrutura

Estruturalmente, a pele consiste de duas partes principais (Figura 5.1). A porção externa, mais delgada, que é composta de epitélio, é denominada ***epiderme***. A epiderme está fixada à parte de *tecido conjuntivo* interna, mais espessa que é denominada derme. Sob a derme está uma ***tela subcutânea***, também chamada de ***hipoderme***, que fixa a pele às estruturas subjacentes. Lembre-se de que a tela subcutânea consiste de tecido adiposo e tecido conjuntivo areolar.

Funções

Entre as numerosas funções da pele estão as seguintes:

1. **Regulação da temperatura corporal**. Em resposta à elevada temperatura ambiental ou exercício extenuante, a evaporação do suor na superfície da pele auxilia a normalizar a temperatura corporal elevada. As alterações no fluxo sangüíneo na pele também auxiliam a regular a temperatura corporal (descrito posteriormente no capítulo).
2. **Proteção**. A pele cobre o corpo e fornece uma barreira física que protege os tecidos subjacentes de abrasão física, invasão bacteriana, desidratação e radiação ultravioleta (UV). Os pêlos e as unhas também possuem funções protetoras, como descrito adiante.
3. **Sensação**. A pele contém abundantes terminações nervosas e receptores que detectam os estímulos relacionados à temperatura, ao tato, à pressão e à dor (veja o Capítulo 12).
4. **Excreção**. Pequenas quantidades de água, sais e vários compostos orgânicos (componentes da transpiração) são excretados pelas glândulas sudoríparas.
5. **Imunidade**. Certas células da epiderme (células de Langerhans) são componentes importantes do sistema imunológico, que expulsa os elementos invasores do corpo (veja o Capítulo 17).
6. **Síntese de vitamina D**. A exposição da pele à radiação ultravioleta (UV) auxilia na produção de vitamina D, uma substância que ajuda na absorção de cálcio e fósforo no sistema digestório, para a circulação sangüínea.

Epiderme

A ***epiderme*** (*epi* = acima) é composta de epitélio escamoso estratificado queratinizado e contém quatro tipos de células (Figura 5.2). O mais numeroso (cerca de 90%) é conhecido como ***queratinócito*** (*kerato* = córneo), uma célula que sofre ***queratinização***. No processo de queratinização, as células formadas nas camadas basais são empurradas para a superfície. À medida que as células se movem para cima, acumulam ***queratina***, uma proteína que ajuda a proteger a pele e o tecido subjacente. Ao mesmo tempo, o citoplasma, o núcleo e outras organelas desaparecem, e as células morrem. Eventualmente, as células queratinizadas descamam e são substituídas pelas células subjacentes que, por sua vez, tornam-se queratinizadas. Todo o processo dura de 2 a 4 semanas.

O segundo tipo de célula é denominado ***melanócito*** (*melan* = negro), que também pode ser encontrado na derme. Ele produz melanina, um dos pigmentos responsáveis pela cor da pele, e absorve radiação ultravioleta (UV).

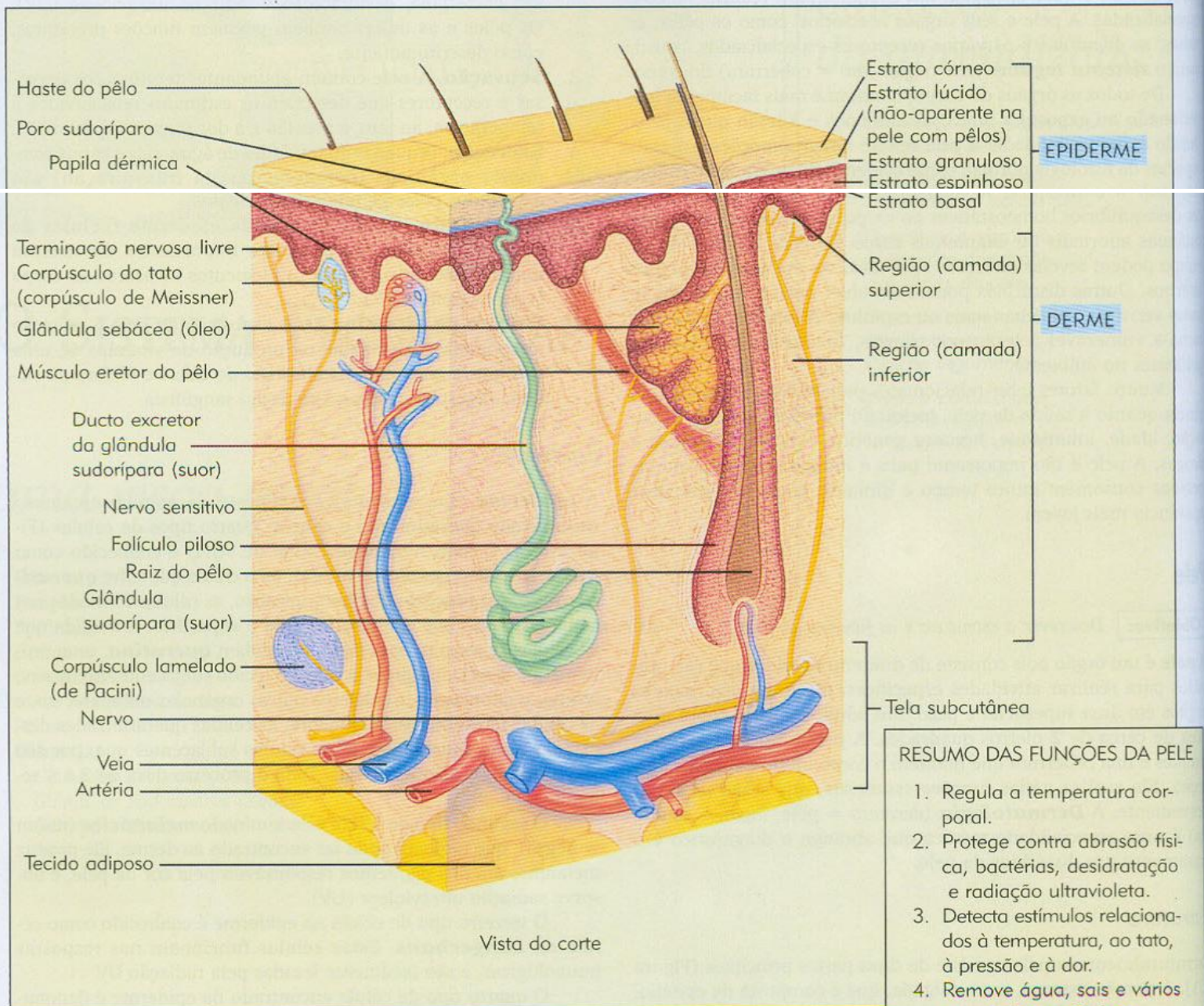
O terceiro tipo de célula na epiderme é conhecido como célula de ***Langerhans***. Estas células funcionam nas respostas imunológicas, e são facilmente lesadas pela radiação UV.

O quarto tipo de célula encontrado na epiderme é denominado ***célula de Merkel***. Estas células estão localizadas na camada mais profunda da epiderme da pele glabra. Acredita-se que as células de Merkel funcionem na sensação do tato.

Quatro ou cinco camadas distintas de células formam a epiderme. Na maioria das regiões do corpo, a epiderme tem quatro camadas reconhecíveis. Nas regiões expostas a maior fricção, como nas palmas das mãos e nas plantas dos pés, a epiderme é mais espessa (1 a 2 mm) e cinco camadas são reconhecíveis (Figura 5.2). A exposição constante da pele, fina ou espessa, à fricção ou à pressão estimula a formação de um calo, um espessamento anormal da epiderme.

Os nomes das cinco camadas (estratos), da mais profunda à mais superficial, são:

1. **Estrato basal** (*basale* = base). Esta camada única de células cuboidais a colunares contém células que são capazes de

Figura 5.1 Estrutura da pele e do tecido subcutâneo subjacente. O estrato lúcido mostrado não é aparente na pele com pêlos, mas é incluído aqui para que você possa ver a relação de todas as cinco camadas epidérmicas.

P *Que camada da epiderme é continuamente descamada? Qual é capaz de divisão celular?*

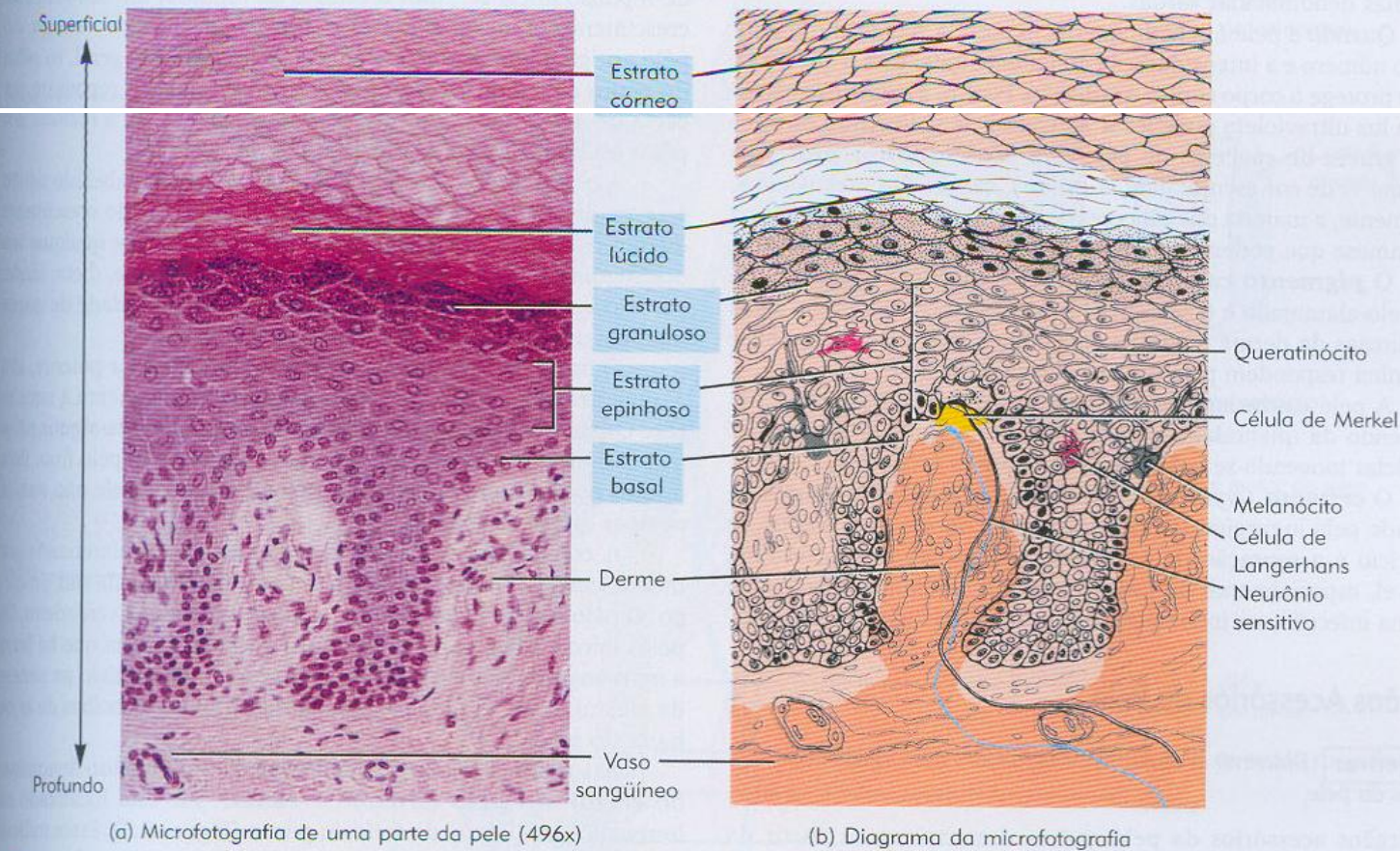
divisão celular continuada. Ela também contém melanócitos. As células se multiplicam, produzindo queratinócitos, que são empurrados para a superfície e tornam-se parte das camadas mais superficiais (queratinização). O estrato basal também contém células de Merkel, que são sensíveis ao tato.

2. **Estrato espinhoso** (*spinosum* = em forma de espinho). Esta camada da epiderme tem cerca de 10 fileiras (lâminas) de células poliédricas (de muitos lados) com projeções semelhantes a espinhos. A melanina também é encontrada nesta camada.
3. **Estrato granuloso** (*granulum* = pequeno grão). A terceira camada da epiderme consiste de cerca de cinco fileiras de células planas com grânulos de cor escura.
4. **Estrato lúcido** (*lucidum* = claro). Normalmente, somente a pele espessa das palmas das mãos e das plantas dos pés possui esta camada. Ela consiste de cerca de cinco fileiras de células claras, planas e mortas.

Figura 5.2 Estrutura da epiderme.

A camada superficial da pele – a epiderme – é epitélio escamoso estratificado queratinizado.

(a) Microfotografia de uma parte da pele (496x)

(b) Diagrama da microfotografia

Que célula epidérmica atua na imunidade?

5. **Estrato córneo** (*corneum* = endurecido, semelhante a um chifre). Esta camada consiste de cerca de 30 fileiras de células planas, mortas, completamente preenchidas com queratina.

Derme

A Segunda principal parte da pele, a ***derme*** (*derma* = pele), é composta de tecido conjuntivo contendo fibras colágenas e elásticas (veja a Figura 5.1). A combinação de fibras colágenas e fibras elásticas dá à pele sua força, ***extensibilidade*** (capacidade de distensão) e ***elasticidade*** (capacidade de retornar à forma original após uma extensão). A capacidade da pele de se distender pode ser observada facilmente durante a gestação, obesidade e edema. As pequenas lacerações na pele devido à distensão extensa que permanecem visíveis como linhas brancas prateadas são denominadas ***estrias*** (*stria* = faixa). As poucas células na derme incluem os fibroblastos, os macrófagos e os adipócitos. A derme é muito espessa nas palmas das mãos e nas plantas dos pés, e muito fina nas pálpebras e no escroto. A região superior da derme consiste de tecido conjuntivo areolar, e sua área superficial é muito aumentada por pequenas projeções digitiformes denominadas ***papilas dérmicas*** (*papilla* = mamilo). As papilas dérmicas produzem elevações na epiderme, as quais formam as impressões digitais e auxiliam-nos a agarrar objetos. Algumas papilas dérmicas contêm ***corpúsculos do tato (corpúsculos de Meissner)***, terminações nervosas sensíveis ao tato. Outras contêm capilares sangüíneos.

A região inferior da derme consiste de tecido conjuntivo denso e irregular, tecido adiposo, folículos pilosos, nervos, glândulas sebáceas e ductos de glândulas sudoríparas. Ela está fixada no osso e no músculo subjacentes pela tela subcutânea. A tela subcutânea contém terminações nervosas denominadas ***corpúsculos lamelados (de Pacini)***, que são sensíveis à pressão.

Os receptores de frio e calor são encontrados nas partes superiores e média da derme.

Cor da Pele

Objetivo: *Explicar os pigmentos envolvidos na cor da pele.*

A cor da pele é devida à melanina, ao caroteno e a hemoglobina. A quantidade de ***melanina***, um pigmento encontrado na epiderme, varia a cor da pele do amarelo ao negro. Uma vez que o número de melanócitos é quase o mesmo em todas as raças, as

diferenças na cor da pele são devidas à quantidade de pigmento que os melanócitos produzem e distribuem. Uma incapacidade hereditária de um indivíduo de qualquer raça em produzir melanina resulta no ***albinismo*** (*albus* = branco); o albinismo pode ser notado pela ausência de pigmento nos pêlos e nos olhos, assim como na pele. Em algumas pessoas, a melanina tende a formar-se em manchas denominadas sardas.

Quando a pele é repetidamente exposta à radiação ultravioleta, o número e a intensidade da melanina aumentam o que bronzeia e protege o corpo contra a radiação. Porém, a exposição excessiva à luz ultravioleta pode levar ao câncer de pele. Entre os tipos mais graves de cânceres de pele está o ***melanoma maligno*** (*melano* = de cor escura; *oma* = tumor), câncer dos melanócitos. Felizmente, a maioria dos cânceres de pele envolve as células basal e escamosa que podem ser removidas cirurgicamente.

O ***pigmento*** caroteno (*keraton* = cenoura) tem uma cor amarelo-alaranjada e é encontrado no estrato córneo e nas áreas gordurosas da derme e da tela subcutânea. Juntos, o caroteno e melanina respondem pela cor amarelada da pele.

A pele caucasiana parece pálida, rosada ou vermelha, dependendo da quantidade e da qualidade da ***hemoglobina*** nas hemácias movendo-se pelos vasos sangüíneos na derme.

O ***eritema*** (*erythros* = vermelho), vermelhidão da pele, é causado pela ingurgitação dos capilares na derme com sangue. O exercício e a sensação de embaraço podem causar um eritema notável, especialmente da face. O eritema também ocorre na lesão, na infecção, na inflamação ou nas reações alérgicas da pele.

Órgãos Acessórios da Pele

Objetivo: *Descrever a estrutura e as funções dos órgãos acessórios da pele.*

Os órgãos acessórios da pele que se desenvolvem a partir da epiderme de um embrião – pêlos, glândulas, unhas – realizam funções vitais. Os pêlos e as unhas protegem o corpo. As glândulas sudoríparas auxiliam a regular a temperatura corporal.

Pêlos

Pêlos (*pili*) são crescimentos da epiderme que se distribuem variadamente sobre o corpo. Sua função primária é a proteção. O pêlo na cabeça protege o couro cabeludo da lesão e dos raios solares; os supercílios e os cílios protegem os olhos de partículas estranhas; o pêlo nas narinas protege contra a inalação de insetos e partículas estranhas.

Cada pêlo é um fio de células fundidas, mortas, queratinizadas que consiste de uma haste e de uma raiz (Figura 5.3). A ***haste*** é a porção superficial, a maior parte da qual se projeta sobre a superfície da pele. A ***raiz*** é a porção abaixo da superfície que penetra na derme e mesmo na tela subcutânea. Circundando a raiz, está o ***folículo piloso*** que é composto de duas camadas de células epidérmicas: as ***bainhas externa e interna da raiz***, circundadas por uma bainha de tecido conjuntivo.

A base de cada folículo é alargada em uma estrutura em forma de cebola, o ***bulbo***. Esta estrutura contém uma indentação, a ***papila do pêlo***, que contém muitos vasos sangüíneos e fornece nutrição para o pêlo em crescimento. O bulbo também contém uma região de células denominada ***matriz*** que produz novos pêlos por divisão celular quando os pêlos velhos são eliminados.

Cada folículo piloso atravessa um ***ciclo de crescimento***, que consiste de um *estágio de crescimento* e um *estágio de repouso*. Durante o estágio de crescimento, o pêlo é formado por células da matriz que se diferenciam, tornam-se queratinizadas e morrem. As novas células são adicionadas na base da raiz do pêlo e o pêlo cresce mais. Com o tempo, o crescimento do pêlo cessa e o estágio de repouso inicia-se. Após o estágio de repouso, um novo ciclo de crescimento se inicia, em que um novo pêlo substitui o antigo, e o pêlo antigo é empurrado para fora do folículo. Em geral, os pêlos do couro cabeludo crescem por cerca de 3 anos e repousam por cerca de 1 a 2 anos. Em qualquer dado momento, a maioria dos pêlos está em estágio de crescimento.

A perda normal de pêlo ("muda") no couro cabeludo adulto é cerca de 100 pêlos por dia. Tanto a velocidade do crescimento quanto o ciclo de reposição podem ser alterados por qualquer um dos seguintes fatores: doença, rádio e quimioterapia, dieta, idade, genética, sexo e estresse emocional grave. A velocidade de queda também aumenta por 3 a 4 meses após o parto.

O minoxidil (Rogainer ®) é um vasodilatador potente, isto é, uma droga que dilata os vasos sangüíneos e aumenta a circulação. Quando aplicado topicamente na pele, estimula alguns pêlos a crescerem novamente, em algumas pessoas com pêlo fino. Para muitos porém o crescimento de pêlos é escasso, e ele não auxilia pessoas que já são calvas.

A cor do pêlo é devida à melanina. Ela é sintetizada por melanócitos na matriz do bulbo, e passa às células da raiz do corpo. O pêlo escuro contém principalmente melanina verdadeira. Os pêlos loiro e ruivo contêm variantes da melanina em que há ferro e mais enxofre. O pêlo grisalho ocorre com um declínio na síntese da melanina. O pêlo branco resulta do acúmulo de bolhas de ar na haste do pêlo.

Associado aos pêlos, há um feixe de músculo liso denominado ***eretor do pêlo*** (*arrector* = elevar). Ele está localizado ao longo da parte lateral do folículo piloso (Figura 5.3). Estes músculos contraem-se sob estresses de medo e frio, puxando os pêlos para uma posição vertical e resultando na "pele arrepiada".

Glândulas

Os três tipos de glândulas associadas à pele são as sebáceas, as sudoríparas e as ceruminosas.

Glândulas Sebáceas (Óleo)

As ***glândulas sebáceas*** (*sebaceus* = oleoso) ou ***glândulas oleosas***, com poucas exceções estão conectadas aos folículos pilosos (Figura 5.3). As porções secretoras das glândulas ficam na derme e abrem-se nos colos dos folículos pilosos ou diretamente na superfície da pele. Não existem glândulas sebáceas nas palmas das mãos e nas plantas dos pés.

As glândulas sebáceas secretam uma substância oleosa denominada ***sebo***. O sebo impede o ressecamento dos pêlos, previne a evaporação excessiva de água da pele, mantém a pele macia e inibe o crescimento de certas bactérias.

Quando as glândulas sebáceas da face tornam-se aumentadas devido ao acúmulo de sebo, os ***cravos*** se desenvolvem. Uma vez que o sebo é nutritivo para certas bactérias, freqüentemente resultam ***espinhas*** ou ***furúnculos***. A cor dos cravos é devida à melanina e ao óleo oxidado, e não à sujeira. A atividade da glândula sebácea aumenta na adolescência.

Figura 5.3 Principais partes da raiz do pêlo e estruturas associadas.

Os pêlos são crescimentos da epiderme compostos de células mortas, queratinizadas.

Secção frontal de um pêlo

Por que a papila do pêlo contém vasos sangüíneos?

Glândulas Sudoríparas (Suor)

As ***glândulas sudoríparas*** (*sudor* = suor; *ferre* = transportar) são divididas em dois tipos. As ***glândulas sudoríparas*** apócrinas (*apo* = extremidade) são encontradas na pele da axila, região púbica e áreas pigmentadas (aréolas) das mamas. Os ductos das glândulas sudoríparas apócrinas abrem-se nos folículos pilosos. Elas começam a funcionar na puberdade e produzem uma secreção viscosa (pegajosa). Elas são estimuladas durante o estresse emocional e a excitação sexual, e as secreções são comumente conhecidas como "suor frio".

As ***glândulas sudoríparas écrinas*** (*ekrinein* = secretar) distribuem-se por toda a pele, exceto nas áreas como as margens dos lábios, leitos ungueais das mãos e pés e tímpanos. As glândulas sudoríparas écrinas são mais numerosas na pele das palmas das mãos e plantas dos pés. Os ductos das glândulas sudoríparas écrinas terminam em um poro na superfície da epiderme (veja a Figura 5.1) funcionam durante toda a vida e produzem uma secreção mais aquosa que as glândulas sudoríparas apócrinas.

A ***transpiração*** ou ***suor*** é a substância produzida pelas glândulas sudoríparas. Sua principal função é ajudar a regular a temperatura corporal. Elas também auxiliam a eliminar impurezas.

Uma vez que as glândulas mamárias são verdadeiramente glândulas sudoríparas modificadas, elas poderiam ser discutidas aqui. Porém devido à sua relação com o sistema genital, serão consideradas no Capítulo 23.

Glândulas Ceruminosas

As ***glândulas ceruminosas*** (*cera* = cera) estão presentes no meato acústico externo, o canal da orelha externa. Seus ductos abrem-se diretamente na superfície do meato acústico externo ou nos ductos das glândulas sebáceas. A secreção combinada das glândulas ceruminosas e sebáceas é denominada ***cerume***. O cerume e os pêlos no meato acústico externo fornecem uma barreira viscosa contra os corpos estranhos.

Unhas

As lâminas de células da epiderme firmemente aderidas, duras, queratinizadas são referidas como ***unhas***. Cada unha (Figura 5.4) consiste de um corpo, uma margem livre e uma raiz. O ***corpo*** é a porção visível da unha; uma ***margem livre*** é a parte que se estende além da extremidade dos dedos da mão ou do pé; a ***raiz*** é a porção que não é visível. A maior parte do corpo da unha é rosada devido aos capilares sangüíneos subjacentes. A área semilunar esbranquiçada junto à raiz da unha é denominada ***lúnula*** (*lunula* = lua pequena). Ela parece branca pois o tecido vascular sob a mesma não se vê devido ao estrato basal espessado na área.

O crescimento da unha ocorre pela transformação das células superficiais da ***matriz ungueal*** em células ungueais. O crescimento médio das unhas é cerca de 1 mm por semana. A cutícula consiste de estrato córneo.

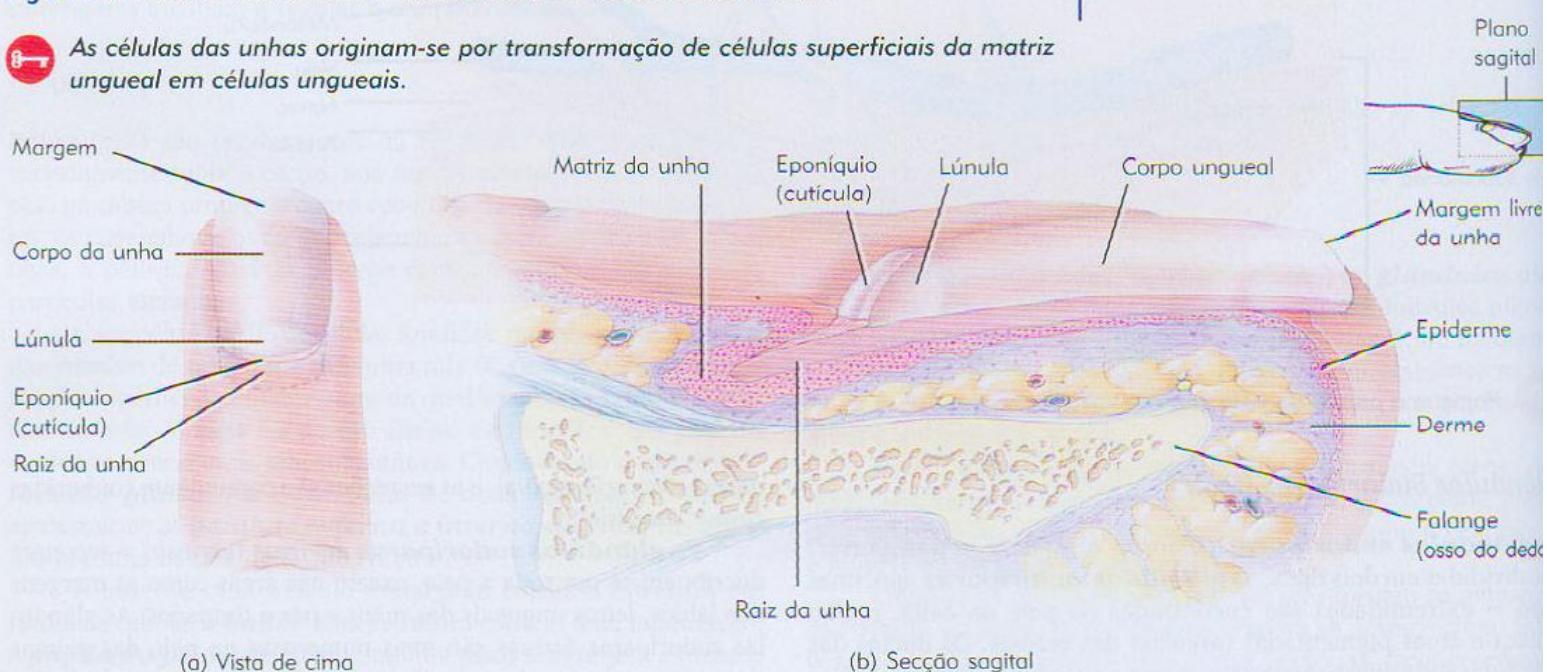
Funcionalmente, as unhas auxiliam na preensão e na manipulação de pequenos objetos, fornecem proteção às extremidades dos dedos e permitem o coçar de várias partes do corpo.

Envelhecimento e Sistema Tegumentar

Objetivo: *Descrever os efeitos do envelhecimento no sistema tegumentar.*

Embora a pele esteja constantemente envelhecendo, não se notam efeitos pronunciados até que a pessoa atinja em torno de 40 anos. Nesse momento, as fibras colágenos reduzem seu número, endurecem, rompem-se e agrupam-se em emaranhado disforme. As fibras elásticas perdem parte de sua elasticidade, espessam-se em agrupamentos e enfraquecem. Como resultado, a pele forma indentações conhecidas como rugas. Os fibroblastos, que produzem as fibras colágenas e elásticas, diminuem em número, e os macrófagos tornam-se fagócitos menos eficientes. Com a idade avançada, os pêlos e as unhas crescem mais lentamente. As células de Langerhans diminuem em número, reduzindo assim a resposta imunológica da pele envelhecida. O tamanho diminuído das glândulas sebáceas leva a uma pele seca e quebradiça, que é mais suscetível à infecção e contribui para as rugas. A produção de suor diminui, o que provavelmente contribui para a maior incidência de casos de insolação em idosos. Existe uma redução no número de melanócitos funcionantes, resultando em pêlos grisalhos e uma pigmentação cutânea atípica. Um aumento no tamanho de alguns melanócitos produz as manchas senis. A pele do idoso cicatriza mal e torna-se mais suscetível a condições patológicas como câncer de pele, prurido e escaras de pressão.

Figura 5.4 Estrutura das unhas. É mostrada a unha de um dedo da mão.

As células das unhas originam-se por transformação de células superficiais da matriz ungueal em células ungueais.

P *Por que as unhas são tão duras?*

Homeostase da Temperatura Corporal

Objetivo: *Explicar como a pele auxilia a regular a temperatura corporal.*

Um dos melhores exemplos de homeostase em seres humanos é a regulação da temperatura corporal pela pele. Como animais de sangue quente, somos capazes de manter uma temperatura corporal notavelmente constante de 37°C, mesmo quando a temperatura ambiental varia grandemente.

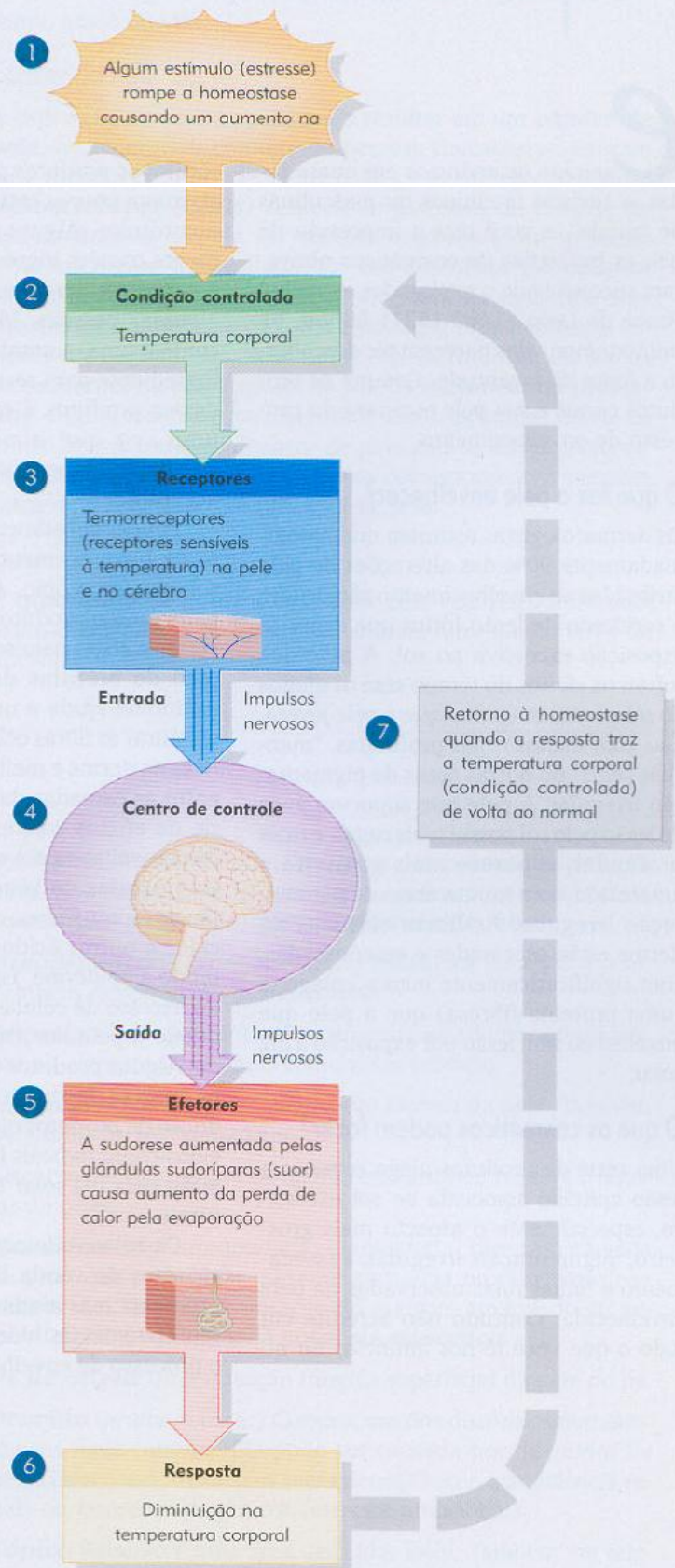
Suponha que você está em um ambiente em que a temperatura é de 38°C. O calor (estímulo) flui continuamente do ambiente para o seu corpo, elevando a temperatura corporal. Para conter estas alterações em uma condição controlada, uma seqüência de eventos é colocada em operação (Figura 5.5). Os receptores sensíveis à temperatura (terminações nervosas) na pele denominados ***termorreceptores*** detectam o estímulo e enviam impulsos nervosos (aferentes) ao seu cérebro (centro de controle). A região de controle da temperatura do cérebro (denominada hipotálamo, veja a Figura 10.6) envia então impulsos nervosos (eferentes) às glândulas sudoríparas (efetoras), que produzem a transpiração mais rapidamente. À medida que o suor evapora da superfície da sua pele, o calor é perdido e a sua temperatura corporal cai até o normal (retorno à homeostase). Quando a temperatura ambiente é baixa, as glândulas sudoríparas produzem menos transpiração.

O seu cérebro também envia estímulos aos vasos sangüíneos (um segundo conjunto de efetores), dilatando (alargando) os vasos da derme de modo que o fluxo sangüíneo da pele aumenta. À medida que mais sangue aquecido flui através dos capilares para a superfície corporal, mais calor pode ser perdido para o ambiente, o que reduz a temperatura corporal. Assim, o calor é perdido pelo corpo, e a temperatura corporal volta ao valor normal para restaurar a homeostase.

Note que esta regulação de temperatura envolve um *sistema de retroalimentação* negativa pois a resposta (resfriamento) é oposta ao estímulo (aquecimento) que iniciou o ciclo. Além disso, os termorreceptores monitoram continuamente a temperatura corporal e remetem esta informação de volta ao cérebro. O cérebro, por sua vez, continua a mandar impulsos às glândulas sudoríparas e aos vasos sangüíneos até que a temperatura retorne a 37°C.

Regular a taxa de sudorese e alterar o fluxo sangüíneo dérmico são apenas dois mecanismos pelos quais a temperatura corporal pode ser ajustada. Outros mecanismos incluem regular a taxa metabólica (uma taxa metabólica mais lenta reduz a produção de calor) e regular as contrações do músculo esquelético (o tônus muscular diminuído resulta em menor produção de calor). Estes mecanismos são discutidos em detalhe no Capítulo 20.

Se a temperatura ambiental está baixa ou algum fator provoca a queda da temperatura corporal, ocorre uma série de respostas de modo a elevar a temperatura corporal até o normal. Por exemplo, os vasos sangüíneos na derme contraem-se, reduzindo assim a perda de calor para o ambiente. Além disso, são liberados certos hormônios que aumentam a taxa metabólica e assim aumentam a produção de calor. Finalmente, os músculos esqueléticos se contraem involuntariamente (calafrios) e isto também aumenta a produção de calor. Todas estas respostas tentam elevar a temperatura corporal de volta ao normal.

Figura 5.5 Um papel da pele em regular a homeostase da temperatura corporal.

P *Por que este é um ciclo de retroalimentação negativa?*

foco no bem-estar

Cuidados com a Pele: Podemos Atrasar o Relógio?

Examine os anúncios em quase todas as revistas femininas ou masculinas de "saúde", e você terá a impressão de que as indústrias de cosméticos obtiveram sucesso onde o explorador espanhol Ponce de León (1460-1521) falhou, há muito tempo: elas parecem ter descoberto a fonte da juventude. Compre os produtos certos e sua pele escapará do processo de envelhecimento.

O que faz a pele envelhecer?

Os dermatologistas estimam que aproximadamente 90% das alterações de pele atribuídas ao envelhecimento são de fato o resultado de lesão fótica que significa exposição excessiva ao sol. A pele que sofreu os efeitos do tempo sem os efeitos do sol parece mais fina que a pele jovem, mas com menos rugas profundas, "manchas senis" ou outras áreas de pigmentação irregular. A pele que suportou anos de lesão pelo sol possui mais rugas, e mais profundas, e parece mais grosseira e amarelada, com muitas áreas de pigmentação irregular. As fibras elásticas na derme estão espessadas e emaranhadas, com significativamente menos colágeno (uma proteína fibrosa) que a pele que envelheceu sem lesão por exposição à luz solar.

O que os cosméticos podem fazer?

Uma série de produtos alega reverter a lesão epitelial associada ao sol excessivo, especialmente o aspecto mais grosseiro, pigmentação irregular, ressecamento e linhas finas observadas na pele envelhecida. Contudo não acredite em tudo o que você lê nos anúncios ou no rótulo: os produtos para o cuidado da pele possuem poucas restrições ou advertências nos rótulos. Alguns desses produtos realmente contêm ingredientes que a pesquisa demonstrou serem parcialmente úteis para algumas pessoas. Muitas marcas, porém, contêm uma quantidade muito pequena do ingrediente para serem efetivas. Uma série desses produtos é extremamente cara. E, uma vez que o uso do produto seja suspenso, os benefícios usualmente desaparecem.

Poucas substâncias melhoram o aspecto da pele, ao menos quando examinado sob o microscópio. A tretinoína (Retin-A) parece ser o produto mais potente para reverter a lesão pelo sol. O exame microscópico de biópsias de pele sugere que a tretinoína ajuda a normalizar a epiderme, restaurar as fibras colágenas e as fibras elásticas na derme e melhora o fluxo sangüíneo entre as camadas da pele. Por ter uma série de efeitos colaterais, a tretinoína está disponível somente sob prescrição médica. Os produtos de venda livre contêm substâncias mais fracas, como os alfa-hidroxiácidos e outros ácidos, que funcionam irritando a epiderme. Isto acelera a esfoliação do excesso de células mortas da epiderme, dando à pele um aspecto mais liso e úmido. Alguns produtos contêm antioxidantes, os quais se destinam a interferir com a produção de produtos químicos nocivos conhecidos como radicais livres, produzidos pela lesão pela luz solar e outros processos naturais.

Os testes clínicos dos produtos antioxidantes de venda livre mostram alguma promessa mas ainda não está claro se eles são efetivos. Os hidratantes não revertem o processo de envelhecimento mas aprisionam água temporariamente na pele, o que melhora seu aspecto.

Previna o envelhecimento prematuro e lesão pela luz solar

Uma vez que os efeitos restauradores dos cosméticos parecem ser limitados, as ações mais importantes que você pode fazer para reverter a lesão pela luz solar e retardar o envelhecimento de sua pele são protegê-la do sol e, se você fuma, parar (o tabagismo acelera o envelhecimento cutâneo). As pesquisas sugerem que proteger a pele do sol pode melhorar parte da lesão pelo sol que tenha ocorrido ao longo dos anos. Ficar fora do sol e cobrir o corpo quando está no ambiente externo permanecem a melhor defesa contra a exposição UV. Um filtro solar tópico contra as exposições UVA e UVB ajuda a proteger as partes descobertas do corpo.

Pensamento Crítico

Os filtros solares podem não proteger contra o melanoma e, de fato, podem levar a uma falsa sensação de segurança por evitar a queimadura solar e, por isto, expor a pele aos raios solares por períodos maiores de tempo. Como você pode proteger a pele sem confiar nos filtros solares? Liste outras recomendações que você ouviu sobre desfrutar do ambiente externo enquanto minimiza a lesão pela luz solar.

Doenças Comuns

Queimaduras

A lesão tecidual por excesso de calor, eletricidade, radioatividade ou por produtos químicos corrosivos que destroem a proteína nas células é denominada ***queimadura***. As queimaduras rompem a homeostase pois destroem a proteção oferecida pela pele. Elas permitem a invasão microbiana e infecção, perda de líquido e perda da regulação da temperatura corporal.

Uma ***queimadura de primeiro grau*** envolve somente a epiderme da superfície. Ela é caracterizada por uma dor leve e vermelhidão, mas sem bolhas. Uma ***queimadura de segundo grau*** envolve toda a epiderme e possivelmente parte da derme. Algumas funções da pele são perdidas. Vermelhidão, formação de bolhas, edema e dor são característicos deste tipo de queimadura. Uma ***queimadura de terceiro grau*** destrói a epiderme, derme e órgãos epidérmicos, e as funções da pele são perdidas.

Acne

A acne é uma inflamação das glândulas sebáceas que usualmente inicia na puberdade quando as glândulas aumentam de tamanho e aumentam a produção de sebo.

Escaras de Pressão

As escaras de pressão também são denominadas ***úlceras de decúbito***. Elas são causadas pela deficiência constante de sangue nos tecidos sobre uma projeção óssea que tenha sido submetida a uma pressão prolongada contra um objeto como uma cama, gesso ou tala.

Câncer de Pele

A exposição excessiva ao sol pode resultar em um ***câncer de pele***, o câncer mais comum em pessoas caucasianas. Existem três formas comuns de câncer de pele. Os ***carcinomas basocelulares (CBCs)*** respondem por mais de 75% de todos os cânceres de pele. Os tumores originam-se da epiderme e raramente se disseminam. Os ***carcinomas de células escamosas (CCEs)*** também se originam na epiderme mas são menos comuns que os CBCs e possuem uma tendência variável à disseminação. A maioria dos CCEs surge de lesões preexistentes na pele exposta ao sol. Os ***melanomas malignos*** originam-se dos melanócitos e são a principal causa de morte dentre todas as doenças de pele pois se disseminam rapidamente. Os melanomas malignos correspondem a somente cerca de 3% de todos os cânceres de pele.

Queimadura solar

A ***queimadura solar*** é a lesão à pele que resulta de uma exposição aguda e prolongada aos raios ultravioleta (UV) da luz solar.

Terminologia e Condições Médicas

Abrasão (*ab* = para longe de; *rasion* = raspado) Uma porção de pele que foi raspada.

Calo Um espessamento doloroso da pele que pode ser duro ou mole, dependendo da localização. Os calos duros usualmente são encontrados sobre as articulações dos dedos dos pés, e os calos moles usualmente são encontrados entre o quarto e o quinto dedos dos pés.

Ceratose (*kera* = corno) Formação de um crescimento endurecido de tecido.

Cisto (*cisto* = saco contendo líquido) Um saco com uma parede distinta de tecido conjuntivo, contendo um líquido ou outro material.

Dermatite Inflamação da pele.

Dermoabrasão (*derme* = pele) Remoção de acne, cicatrizes, tatuagens ou sinais com lixa ou escova de alta velocidade.

Hemangioma (*hemo* = sangue; *angio* = vaso sangüíneo; *oma* = tumor) Tumor localizado da pele e camada subcutânea que resulta de um aumento anormal nos vasos sangüíneos; um tipo são as ***manchas em vinho-do-Porto***, uma lesão plana, rosada, vermelha ou púrpura presente ao nascer, usualmente na nuca.

Herpes labial Uma lesão, usualmente na membrana mucosa oral, causada pelo vírus herpes simples tipo 1 (VHS), transmitida por via oral ou respiratória. Os fatores desencadeantes incluem a radiação ultravioleta (UV), as alterações hormonais e o estresse emocional. Também denominada ***pústula de febre***.

Hipodérmico (*hipo* = abaixo de) Relativo à área sob a pele. Também denominado ***subcutâneo***.

Impetigo Infecção cutânea superficial causada por estafilococos ou estreptococos; mais comum em crianças.

Intradérmico (*intra* = dentro de) Dentro da pele. Também denominado ***intracutâneo***.

Laceração (*lacerare* = romper) Ferimento ou ruptura irregular da pele.

Nevo Uma área arredondada, pigmentada, plana ou elevada de pele, que pode estar presente ao nascer ou desenvolver-se mais tarde. Varia em coloração do marrom-amarelado ao negro. Também denominada ***sinal de nascença***.

Pé de atleta Uma infecção fúngica superficial da pele do pé.

Prurido (*pruire* = coçar) Coceira, um dos distúrbios dermatológicos mais comuns. Ela pode ser causada por distúrbios de pele (infecções), distúrbios sistêmicos (câncer, insuficiência renal) ou fatores psicogênicos (estresse emocional).

Tópico Relativo a uma área definida; local. Também em referência à medicação, aplicada à superfície em vez de ser ingerida ou injetada.

Urticária Condição de pele marcada por placas avermelhadas elevadas que freqüentemente são pruriginosas. Mais comumente causada por infecções, trauma físico, medicações, estresse emocional, aditivos alimentares e certos alimentos.

Verruga Massa produzida pelo crescimento descontrolado das células epiteliais da pele; causada por um vírus (papilomavírus). A maioria das verrugas não é cancerosa.

Vitiligo Perda parcial ou completa dos melanócitos em placas de pele, que resulta em manchas brancas irregulares.

Resumo dos Estudos

Pele (p. 85)

1. A pele e seus órgãos acessórios (pêlos, glândulas e unhas) constituem o sistema tegumentar.
2. As principais partes da pele são a epiderme externa e a derme interna. A derme sobrepõe-se à tela subcutânea.
3. Estas são as funções da pele: regulação da temperatura corporal, proteção, sensibilidade, excreção, imunidade e síntese de vitamina D.
4. As células epidérmicas incluem queratinócitos, melanócitos, células de Langerhans e células de Merkel. As camadas epidérmicas, da mais profunda à mais superficial, são o estrato basal, espinhoso, granuloso, lúcido e córneo. O estrato basal sofre divisão celular contínua e produz todas as outras camadas.
5. A derme consiste de duas regiões. A região superior é de tecido conjuntivo areolar, contendo vasos sangüíneos, nervos, folículos pilosos, papilas dérmicas e corpúsculos do tato (corpúsculos de Meissner). A região inferior é de tecido conjuntivo denso, irregularmente disposto, contendo tecido adiposo, folículos pilosos, nervos, glândulas sebáceas e ductos das glândulas sudoríparas.
6. A cor da pele é devida à melanina, ao caroteno e à hemoglobina.

Órgãos Acessórios da Pele (p. 88)

1. Os órgãos acessórios da pele são estruturas desenvolvidas a partir da epiderme de um embrião.
2. Eles incluem pêlos, glândulas da pele (sebáceas, sudoríparas e ceruminosas) e unhas.

Pêlos (p. 88)

1. Os pêlos são fios de células fundidas, mortas e queratinizadas que servem para proteção.
2. Os pêlos consistem da haste, acima da superfície, a raiz, que penetra na derme e na camada subcutânea, e o folículo piloso.
3. Associado aos pêlos, há um feixe de músculo liso denominado eretor do pêlo.
4. Os pêlos novos desenvolvem-se por divisão celular da matriz no bulbo; a substituição e o crescimento do pêlo ocorrem em um padrão cíclico que consiste de um estágio de crescimento e um estágio de repouso.

Glândulas (p. 88)

1. As glândulas sebáceas (óleo) usualmente estão conectadas aos folículos pilosos; elas estão ausentes nas palmas das mãos e nas plantas dos pés. As glândulas sebáceas produzem sebo que umedece os pêlos e impermeabiliza a pele.
2. As glândulas sudoríparas (suor) são divididas em apócrinas e écrinas. Elas produzem a transpiração, que conduz pequenas quantidades de impurezas à superfície e ajuda a manter a temperatura corporal.
3. As glândulas ceruminosas são glândulas sudoríparas modificadas que secretam cerume. Elas são encontradas no meato acústico externo.

Unhas (p. 90)

1. As unhas são células epidérmicas duras, queratinizadas que recobrem as porções terminais dos dedos das mãos e dos pés.
2. As principais partes da unha são o corpo, a margem livre, a raiz, a lúnula, a cutícula e a matriz. A divisão celular das células da matriz produz unhas novas.

Envelhecimento e o Sistema Tegumentar (p. 90)

1. A maioria dos efeitos do envelhecimento ocorre no fim dos quarenta anos.
2. Entre os efeitos do envelhecimento estão as rugas, a perda da gordura subcutânea, a atrofia das glândulas sebáceas e a redução no número de melanócitos e células de Langerhans.

Homeostase da Temperatura Corporal (p. 91)

1. Uma das funções da pele é a regulação da temperatura corporal normal de 37°C.
2. Se a temperatura ambiental é alta, os receptores da pele recebem um estímulo (calor) e geram impulsos (aferentes) que são transmitidos ao cérebro (centro de controle). O cérebro envia impulsos (eferentes) às glândulas sudoríparas e aos vasos sangüíneos (efetores) para produzir transpiração e vasodilatação. À medida que a transpiração evapora, a pele é resfriada e a temperatura corporal retorna ao normal.
3. A resposta de resfriamento da pele é um mecanismo de retroalimentação negativa.

Auto-avaliação

1. A cor da pele
   a. é devida à melanina encontrada na tela subcutânea b. em caucasianos, é devida primariamente ao caroteno c. está relacionada às glândulas apócrinas d. é estimulada pela exposição ao sol e. é produzida pelas células de Merkel
2. Qual camada é a mais superficial da epiderme?
   a. estrato basal b. estrato espinhoso c. estrato granuloso d. estrato lúcido e. estrato córneo
3. Que camada da epiderme contém células que se multiplicam e células que produzem melanina?
   a. estrato basal b. estrato espinhoso c. estrato granuloso d. estrato lúcido e. estrato córneo
4. Quando você corta seu cabelo, a tesoura está cortando através de
   a. folículo b. raiz c. bulbo d. papila e. haste
5. Uma pessoa com albinismo tem um defeito na produção de
   a. caroteno b. queratina c. colágeno d. cerume e. melanina
6. A epiderme é composta de tecido ____________.
   a. epitélio escamoso simples queratinizado b. epitélio escamoso estratificado queratinizado c. conjuntivo denso irregular d. conjuntivo areolar e. epitélio estratificado transicional
7. Quais das seguintes afirmativas sobre as glândulas sudoríferas écrinas é falsa?
   a. Elas são mais numerosas nas palmas das mãos e nas plantas dos pés. b. Elas auxiliam a regular a temperatura corporal. c. Elas produzem uma secreção viscosa (pegajosa). d. Elas funcionam durante toda a vida. e. Elas terminam em poros na superfície da pele.
8. Qual é o principal tecido encontrado na parte inferior da derme?
   a. conjuntivo denso irregular b. epitélio escamoso estratificado c. músculo liso d. nervoso e. adiposo
9. Qual das seguintes NÃO é uma função da pele?
   a. produção de cálcio b. síntese de vitamina D c. proteção d. imunidade e. regulação da temperatura
10. Qual das seguintes estruturas NÃO é um órgão acessório da pele?
    a. papilas dérmicas b. glândulas sudoríparas c. glândulas sebáceas d. glândulas ceruminosas e. unhas
11. Qual dos seguintes NÃO é verdadeiro em relação aos pêlos?
    a. Os ciclos de crescimento dos pêlos incluem um estágio de crescimento e um estágio de repouso. b. Normalmente, os adultos perdem cerca de 1.000 pêlos por dia. c. A cor dos pêlos é devida à melanina. d. As glândulas sebáceas estão associadas aos pêlos. e. A contração dos músculos eretores dos pêlos faz com que eles fiquem eretos.
12. As glândulas sebáceas
    a. secretam uma substância oleosa b. estão localizadas nas palmas das mãos e nas plantas dos pés c. são responsáveis pelo "suor frio" d. estão envolvidas na regulação da temperatura corporal e. são encontradas no meato acústico externo
13. À medida que os queratinócitos na epiderme são empurrados em direção à superfície da pele, eles
    a. começam a se dividir mais rapidamente b. tornam-se mais elásticos c. começam a morrer d. perdem sua melanina e. começam a assumir uma forma colunar
14. Para produzir vitamina D, as células da pele necessitam ser expostas ao
    a. cálcio e fósforo b. luz ultravioleta c. calor d. pressão e. queratina
15. Para prevenir que pêlos indesejados voltem a crescer, você deve certificar-se de qual estrutura seja destruída?
    a. haste b. cutícula c. lúnula d. matriz e. eretor dos pêlos
16. A porção da unha que é responsável por seu crescimento é
    a. cutícula b. matriz ungueal c. lúnula d. corpo da unha e. raiz da unha
17. Combine as seguintes colunas

____ a. célula de Langerhans	A. cera do ouvido
____ b. célula de Merkel	B. estrias brancas prateadas
____ c. queratina	C. pigmento amarelo-alaranjado
____ d. melanina	D. atuam nas respostas imunológicas
____ e. corpúsculos lamelados (de Pacini)	E. pigmento impermeável da pele, pêlos
____ f. cerume	F. sensação de toque
____ g. caroteno	G. pigmento amarelo a negro
____ h. estrias	H. terminações nervosas sensíveis à pressão
____ i. corpúsculos do tato (de Meissner)	I. receptores do tato encontrados nas papilas dérmicas

Aplicação do Pensamento Crítico

1. Está fazendo 34°C e você senta-se debaixo da sombra de uma árvore, com um chá gelado e um sanduíche. Que mecanismos seu corpo utiliza para impedi-lo de se superaquecer? Após o almoço, é hora da sua aula de anatomia. O instrutor (que está vestindo terno) ajusta o termostato para 18°C "porque está quente lá fora". Você está vestindo shorts, uma camiseta sem mangas e sandálias. Explique como o seu corpo responderá ao ambiente gelado.
2. Brad, de pele clara, arranjou um novo emprego como salva-vidas. Ele quer obter um bronzeado ótimo AGORA de modo que ele não precise usar qualquer proteção solar durante seu primeiro turno de 8 horas. Preveja o resultado da ação de Brad, e explique o que ele deveria ter feito.
3. Uma mulher que deu à luz recentemente se queixa de perda excessiva de cabelos e de estrias brancas em seu

abdome. O que você lhe diria sobre a causa e a duração possível destes problemas?

4. Uma vizinha teve um bebê que foi diagnosticado com albinismo. Como você explicaria esta condição aos seus outros vizinhos? Que tipo de precauções deveriam ser tomadas ao expor esta criança ao sol? Por quê?
5. Carol, de 15 anos, tem um grande problema com os "cravos". De acordo com sua tia Freida, os problemas de pele de Carol são causados por ver TV até tarde, comer *nuggets* de frango e pipoca com queijo. Explique a causa real dos cravos à tia Freida.
6. Um acidente ao cortar uma fatia de pão traz você à sala de emergência. A pós examinar a lesão, a enfermeira diz que você cortou até a tela subcutânea. Discuta as estruturas e as funções das camadas de pele que você expôs.

Respostas às Perguntas das Figuras

5.1 Estrato córneo; estrato basal.

5.2 Célula de Langerhans.

5.3 Para fornecer nutrição aos pêlos em crescimento.

5.4 Elas são compostas de células epidérmicas muito juntas, duras, queratinizadas.

5.5 O resultado dos efetores (reduzindo a temperatura corporal) é oposto ao estímulo inicial (elevação da temperatura corporal).

O Sistema Esquelético

objetivos do aprendizado

uma visão geral

A moldura de ossos e cartilagem que protege nossos órgãos e permite que nos movimentemos é denominada ***sistema esquelético***. Cada osso no sistema esquelético é um órgão individual. Entre os tecidos associados aos ossos, estão o tecido ósseo, a cartilagem, o tecido conjuntivo denso, o epitélio, o sangue, o tecido adiposo e o tecido nervoso. O ramo especializado da Medicina que trata da conservação e restauração do sistema esquelético, das articulações (junturas) e das estruturas associadas é denominado ***ortopedia*** (*ortho* = corrigir ou endireitar; *pais* = criança).

Funções

Objetivo: *Discutir as funções do sistema esquelético.*

O sistema esquelético realiza as seguintes funções:

1. **Sustentação**. O esqueleto fornece uma moldura para o corpo e, como tal, sustenta os tecidos moles e fornece pontos de fixação para os músculos esqueléticos.
2. **Proteção**. Os órgãos internos são protegidos de lesão pelo esqueleto. Por exemplo, o cérebro é protegido pelos ossos cranianos, enquanto o coração e os pulmões são protegidos pela caixa torácica.
3. **Movimento**. Os músculos esqueléticos estão fixados nos ossos. Quando os músculos se contraem, tracionam os ossos e, em conjunto, produzem movimento. Esta função é discutida em detalhe no Capítulo 8.
4. **Armazenamento e homeostase mineral**. Os ossos armazenam vários minerais, especialmente cálcio e fósforo, que podem ser distribuídos a outras partes do corpo, conforme a demanda. O mecanismo homeostásico que deposita e remove cálcio e fósforo é discutido em detalhe na p. 105.
5. **Local de produção das células do sangue**. Em certos ossos, um tecido conjuntivo denominado medula óssea vermelha produz células sangüíneas, um processo denominado ***hematopoiese*** (*haimatos* = sangue; *poiein* = fazer). A ***medula óssea vermelha***, um tipo de medula óssea, consiste de células sangüíneas imaturas, células adiposas e macrófagos. Ela é encontrada nos ossos em desenvolvimento e nos ossos adultos como osso do quadril, costelas, esterno, vértebras, crânio e extremidades dos ossos do braço e da coxa. A hematopoiese é discutida em detalhe no Capítulo 14.
6. **Armazenamento de energia**. Os lipídios armazenados nas células de outro tipo de medula óssea, denominada ***medula óssea amarela***, são uma importante reserva de energia química. A medula óssea amarela é composta principalmente de tecido adiposo e umas poucas células sangüíneas.

Tipos de Ossos

Os ossos do corpo podem ser classificados em quatro tipos pri pais com base na forma: longo, curto, plano e irregular. Os ***os longos*** têm o comprimento maior que a largura, e consistem (1) uma porção principal, cilíndrica e central denominada h ou corpo e (2) as extremidades. Os ossos longos contêm princi mente tecido ósseo compacto (osso denso com poucos espa mas também possuem quantidades consideráveis de tecido ó esponjoso (osso com grandes espaços). Os detalhes do osso c pacto e esponjoso são discutidos a seguir. Os ossos longos inclu os ossos das coxas, das pernas, dos dedos dos pés, dos braços, antebraços e dos dedos da mão. A Figura 6.1 mostra as partes um osso longo.

Os ***ossos curtos*** são levemente cubóides e quase iguais comprimento e largura. Eles são esponjosos, exceto na superfi onde existe uma camada fina de osso compacto. Os ossos cu incluem os do carpo e do tarso.

Os ***ossos planos*** geralmente são finos e são compostos duas lâminas mais ou menos paralelas de osso compacto, reves do uma camada de osso esponjoso. Os ossos planos permitem u proteção considerável, e fornecem extensas áreas para a fixa muscular. Os ossos planos incluem os ossos do crânio, o ester costelas e as escápulas.

Os ***ossos irregulares*** possuem formas complexas e podem ser agrupados em qualquer das três categorias descri Eles também variam na quantidade de osso esponjoso e compa presente. Estes ossos incluem as vértebras e certos ossos facia

Existem dois tipos adicionais de ossos, não incluídos n classificação pela forma; eles são classificados pela localização. ***ossos suturais***, também denominados ***ossos wormianos***, pequenos e situados entre as articulações de certos ossos cranian Seu número varia grandemente de uma pessoa a outra. Os ***os sesamóides*** são pequenos ossos nos tendões onde ocorre p são considerável, por exemplo, no pulso. Estes, assim como os sos suturais, também variam em número. Dois ossos sesamói as patelas, estão presentes em todos os indivíduos.

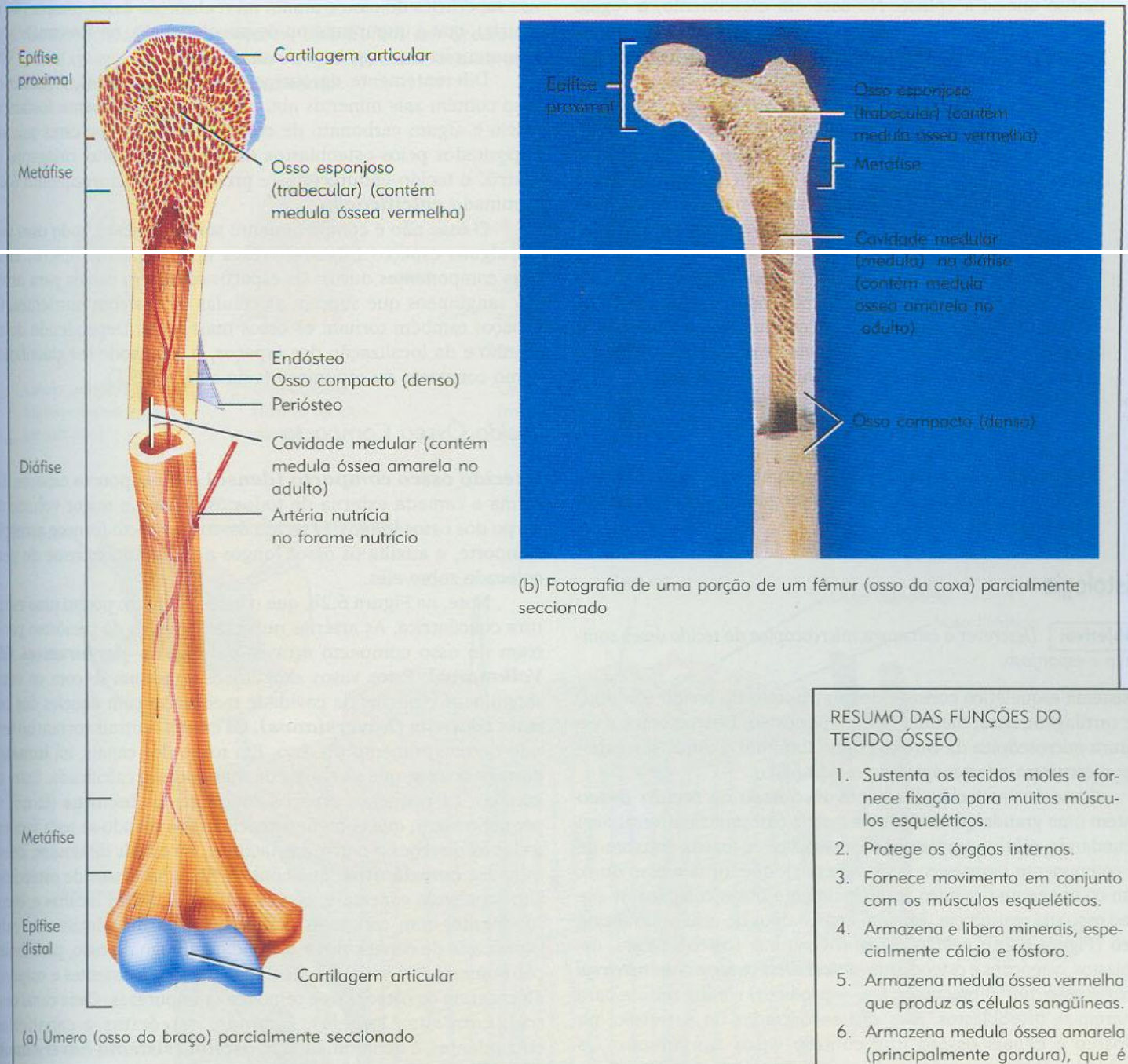
Partes de um Osso Longo

A estrutura macroscópica de um osso longo – neste caso, o úm (osso do braço) – será examinada antes de considerar a estrut microscópica do osso. Um osso longo típico consiste das seguin partes (Figura 6.1):

1. ***Diáfise*** (*dia* = através; *physis* = crescimento). A haste corpo, a parte principal, longa, cilíndrica do osso.

Figura 6.1 Partes de um osso longo.

(a) Úmero (osso do braço) parcialmente seccionado

(b) Fotografia de uma porção de um fêmur (osso da coxa) parcialmente seccionado

RESUMO DAS FUNÇÕES DO TECIDO ÓSSEO

1. Sustenta os tecidos moles e fornece fixação para muitos músculos esqueléticos.
2. Protege os órgãos internos.
3. Fornece movimento em conjunto com os músculos esqueléticos.
4. Armazena e libera minerais, especialmente cálcio e fósforo.
5. Armazena medula óssea vermelha que produz as células sangüíneas.
6. Armazena medula óssea amarela (principalmente gordura), que é uma reserva de energia.

P *Que parte do osso reduz o atrito nas articulações? Produz células sangüíneas? É o corpo? Reveste a cavidade medular?*

2. ***Epífises*** (*epi* = acima). As extremidades do osso.
3. ***Metáfises*** (*meta* = após). No osso maduro, a região onde a diáfise une-se à epífise. No osso em crescimento, a região que contém a camada de cartilagem hialina denominada ***disco epifisário (de crescimento)*** (local onde ocorre o crescimento do osso em comprimento).
4. ***Cartilagem articular***. Uma fina camada de cartilagem hialina revestindo a epífise onde o osso forma uma articulação (juntura) com outro osso. A cartilagem reduz o atrito e absorve o choque nas articulações livremente móveis.
5. ***Periósteo*** (*peri* = em torno de; *osteon* = osso). O periósteo é uma resistente membrana branca fibrosa, em torno da superfície do osso que não é coberta por cartilagem articular. Ele consiste de tecido conjuntivo denso irregular, vasos sangüíneos e nervos que passam pelo osso, e vários tipos de células ósseas. O periósteo é necessário para a proteção, a nutrição, o crescimento em diâmetro e reparo dos ossos, e é o local de fixação para os ligamentos e os tendões.
6. ***Cavidade medular*** (*medula* = parte central da estrutura). O espaço dentro da diáfise que contém medula óssea amarela em adultos.
7. ***Endósteo*** (*endo* = dentro). O revestimento da cavidade medular que consiste de células osteoprogenitoras e osteoclastos (descritos a seguir).

Histologia

Objetivo: *Descrever a estrutura microscópica do tecido ósseo compacto e esponjoso.*

O sistema esquelético consiste de quatro tipos de tecido conjuntivo: cartilagem, osso, medula óssea e periósteo. Descrevemos a estrutura microscópica da cartilagem no Capítulo 4. Aqui, discutiremos a estrutura microscópica do tecido ósseo.

Como outros tecidos conjuntivos, o ***osso*** ou ***tecido ósseo*** contém uma grande quantidade de matriz (substância intercelular) circundando células amplamente separadas. A matriz consiste de um componente inorgânico (sais minerais), que torna o osso duro, e um componente orgânico (principalmente fibras colágenas), que dá ao osso sua resistência. Existem quatro tipos de células no tecido ósseo (Figura 6.2a): células osteoprogenitoras (osteogênicas), osteoblastos, osteócitos e osteoclastos. As ***células osteoprogenitoras*** (*osteo* = osso; *pro* = precursor; *gen* = produzir) sofrem mitose para tornarem-se osteoblastos. Elas são encontradas no periósteo, no endósteo e canais ósseos que contêm vasos sangüíneos. Os osteoblastos (*blasto* = germe ou botão) são as células que formam o osso, mas elas não possuem a capacidade de se dividir por mitose. Elas são encontradas nas superfícies do osso. Os osteoblastos inicialmente formam colágeno e outros componentes orgânicos necessários para formar o osso mas, uma vez que ficam isolados na matriz óssea, são denominados ***osteócitos*** (*citos* = célula) ou células ósseas maduras. Elas são as principais células do tecido ósseo. Assim como os osteoblastos, os osteócitos não possuem potencial mitótico. Os osteócitos mantêm as atividades celulares diárias do tecido ósseo. Os ***osteoclastos*** (*clastos* = romper) são encontrados nas superfícies do osso e atuam na reabsorção óssea (destruição da matriz), que é importante no desenvolvimento, no crescimento, na manutenção e no reparo do osso.

Diferentemente de outros tecidos conjuntivos, a matriz do osso contém sais minerais abundantes, primariamente fosfato de cálcio e algum carbonato de cálcio. À medida que estes sais são depositados pelos osteoblastos em torno das fibras colágenas da matriz, o tecido endurece. Este processo de endurecimento é denominado ***calcificação***.

O osso não é completamente sólido. De fato, todo osso possui alguns espaços (algumas vezes apenas microscópicos) entre seus componentes duros. Os espaços fornecem canais para os vasos sangüíneos que suprem as células ósseas com nutrientes. Os espaços também tornam os ossos mais leves. Dependendo do tamanho e da localização dos espaços, o osso pode ser classificado como compacto ou esponjoso (veja a Figura 6.1).

Tecido Ósseo Compacto

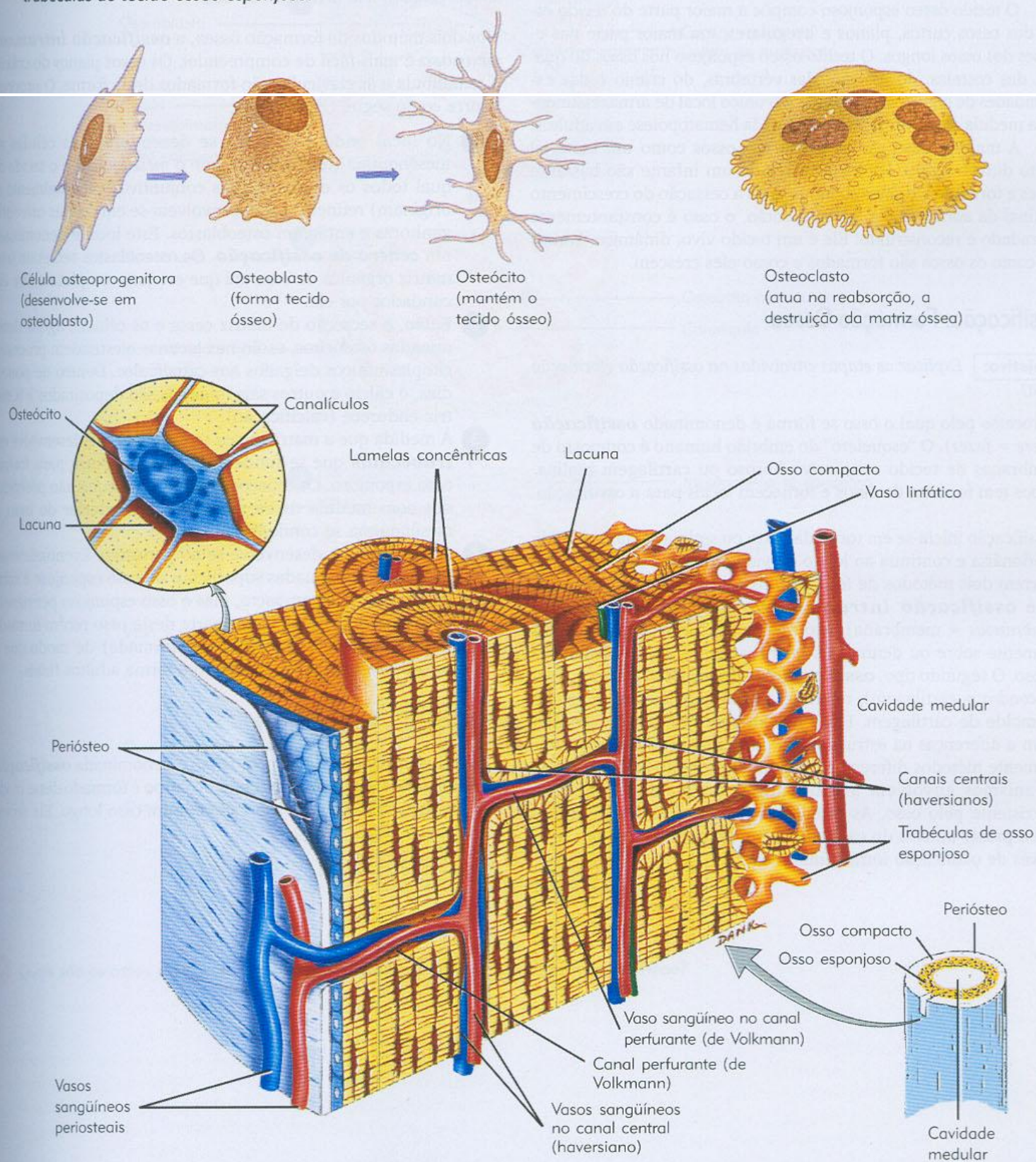
O ***tecido ósseo compacto (denso)*** contém poucos espaços. Ele forma a camada externa de todos os ossos e o maior volume do corpo dos ossos longos. O tecido ósseo compacto fornece proteção e suporte, e auxilia os ossos longos a resistir ao estresse do peso colocado sobre eles.

Note, na Figura 6.2b, que o osso compacto possui uma estrutura concêntrica. As artérias nutrícias e nervos do periósteo penetram no osso compacto através de ***canais perfurantes (de Volkmann)***. Estes vasos sangüíneos conectam-se com os vasos sangüíneos e nervos da cavidade medular e com aqueles dos ***canais centrais (haversianos)***. Os canais centrais correm no sentido do comprimento do osso. Em torno dos canais, há ***lamelas concêntricas***, que são anéis de matriz dura, calcificada. Entre as lamelas, há pequenos espaços denominados ***lacunas*** (*lacuna* = pequeno lago), que contêm osteócitos. Projetando-se para fora em todas as direções a partir das lacunas, há canais diminutos, denominados ***canalículos***, que contêm finos processos de osteócitos. Um canalículo conecta-se com aqueles das outras lacunas e, eventualmente, com os canais centrais. Assim uma intrincada rede ramificada de canalículos é formada ao longo do osso, para fornecer numerosas vias interconectadas para os nutrientes e oxigênio alcançarem os osteócitos e remover as impurezas. Cada canal central, com suas lamelas, lacunas, osteócitos e canalículos circundantes, é denominado um ***ósteon (sistema haversiano)***.

Tecido Ósseo Esponjoso

Em contraste com o osso compacto, o ***tecido ósseo esponjoso (trabecular)*** usualmente não contém ósteons verdadeiros. Ele consiste de uma rede irregular de lâminas finas de osso, denominadas ***trabéculas***. Veja a Figura 6.2b. Os espaços macroscópicos entre as

Figura 6.2 Histologia do osso. Uma microfotografia do tecido ósseo compacto é fornecida no Quadro 4.2, na p. 75.

Os osteócitos ficam em lacunas distribuídas em círculos concêntricos em torno de um canal central, no tecido ósseo compacto, e em lacunas distribuídas irregularmente nas trabéculas do tecido ósseo esponjoso.

(b) Aspecto aumentado de várias osteonas (sistemas haversianos) no osso compacto

À medida que as pessoas envelhecem, alguns canais (haversianos) podem-se tornar bloqueados. Que efeito isto teria sobre um osteócito?

trabéculas de alguns ossos são preenchidos com medula óssea vermelha.

Dentro das trabéculas há lacunas, que contêm osteócitos. Os vasos sangüíneos do periósteo penetram até o osso esponjoso, e os osteócitos nas trabéculas são nutridos diretamente pelo sangue que circula através das cavidades medulares.

O tecido ósseo esponjoso compõe a maior parte do tecido ósseo dos ossos curtos, planos e irregulares, e a maior parte das epífises dos ossos longos. O tecido ósseo esponjoso nos ossos do quadril, das costelas, do esterno, das vértebras, do crânio e das extremidades de alguns ossos longos é o único local de armazenamento da medula óssea vermelha, e assim, da hematopoiese em adultos.

A maioria das pessoas pensa nos ossos como um material muito duro e rígido. Porém os ossos de um infante são bastante moles e tornam-se rígidos somente após a cessação do crescimento no final da adolescência. Mesmo então, o osso é constantemente degradado e reconstruído. Ele é um tecido vivo, dinâmico. Vamos ver como os ossos são formados e como eles crescem.

Ossificação: Formação Óssea

Objetivo: *Explicar as etapas envolvidas na ossificação (formação óssea).*

O processo pelo qual o osso se forma é denominado ***ossificação*** (*facere* = fazer). O "esqueleto" do embrião humano é composto de membranas de tecido conjuntivo fibroso ou cartilagem hialina. Ambos tem formato de ossos e fornecem locais para a ossificação.

A ossificação inicia-se em torno da sexta ou sétima semana de vida embrionária e continua ao longo da vida adulta.
Ocorrem dois métodos de formação óssea. O primeiro é denominado ***ossificação intramembranosa*** (*intra* = dentro; *membranous* = membrana). Isto refere-se à formação de osso diretamente sobre ou dentro das membranas de tecido conjuntivo fibroso. O segundo tipo, ***ossificação endocondral*** (*endo* = dentro; *condro* = cartilagem), refere-se à formação de osso dentro de um molde de cartilagem. Estes dois métodos de ossificação *não* levam a diferenças na estrutura dos ossos maduros. Eles são simplesmente métodos diferentes de desenvolvimento ósseo. Os dois mecanismos envolvem a substituição do tecido conjuntivo preexistente pelo osso. As "áreas moles" que auxiliam o crânio fetal a passar através do canal do parto são substituídas por osso através de ossificação intramembranosa.

O primeiro estágio no desenvolvimento do osso é o surgimento de células osteoprogenitoras que sofrem mitose para produzir osteoblastos, que irão produzir matriz óssea por ossificação intramembranosa ou endocondral.

Ossificação Intramembranosa

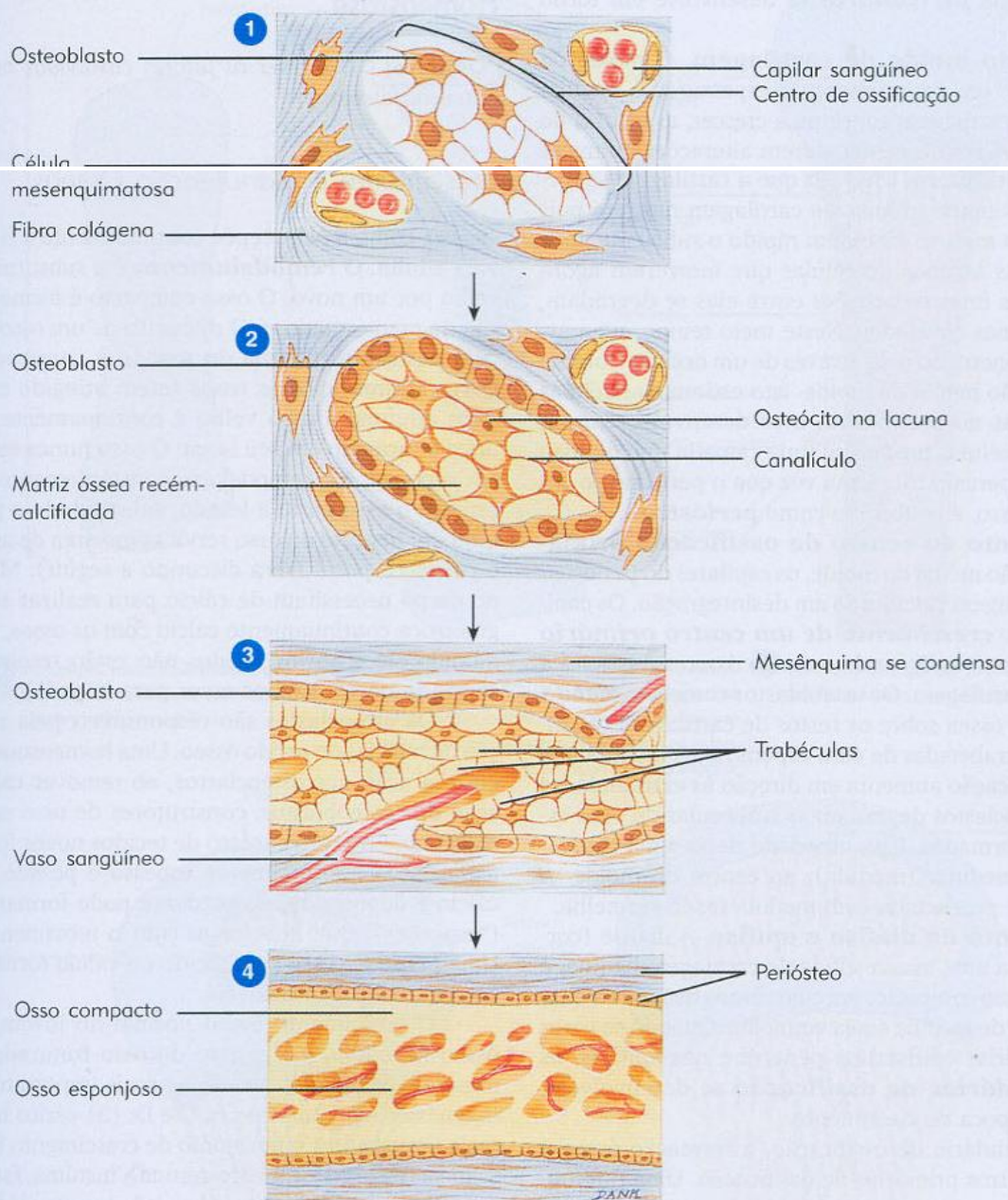
Dos dois métodos de formação óssea, a ***ossificação intramembranosa*** é mais fácil de compreender. Os ossos planos do crânio, a mandíbula e as clavículas são formados desta forma. O processo ocorre como segue (Figura 6.3):

1. No local onde o osso irá se desenvolver, as células no mesênquima (lembre-se de que o *mesênquima* é o tecido do qual todos os outros tecidos conjuntivos eventualmente se originam) reúnem-se e desenvolvem-se em células osteoprogenitoras e então em osteoblastos. Este local é denominado um ***centro de ossificação***. Os osteoblastos secretam uma matriz orgânica de osso até que estejam completamente circundados por ela.
2. Então, a secreção de matriz cessa e as células, agora denominadas osteócitos, estão nas lacunas e estendem processos citoplasmáticos delgados aos canalículos. Dentro de poucos dias, o cálcio e outros sais minerais são depositados e a matriz endurece (calcificação).
3. À medida que a matriz óssea se forma, ela se desenvolve em ***trabéculas*** que se fundem uma com a outra para formar osso esponjoso. Os espaços entre as trabéculas são preenchidos com medula óssea vermelha. No exterior do osso, o mesênquima se condensa.
4. O mesênquima desenvolve-se no periósteo. Eventualmente, a maioria das camadas superficiais do osso esponjoso é substituída por osso compacto, mas o osso esponjoso permanece no centro do osso. A maior parte deste osso recém-formado será remodelada (destruída e reformada) de modo que o osso possa atingir seu tamanho e forma adultos finais.

Ossificação Endocondral

A substituição da cartilagem pelo osso é denominada ***ossificação endocondral***. A maioria dos ossos do corpo é formado desse modo, mas o processo é melhor observado em um osso longo. Ele ocorre como segue (Figura 6.4):

Figura 6.3 Ossificação intramembranosa.

A ossificação intramembranosa envolve a formação de osso diretamente sobre ou dentro das membranas de tecido conjuntivo fibroso frouxo.

Quais são os ossos do corpo que se desenvolvem por ossificação intramembranosa?

1. **Desenvolvimento do molde de cartilagem**. No local onde um osso irá se desenvolver, as células no mesênquima unem-se no formato do osso futuro. As células então se transformam em células produtoras de cartilagem, que alteram o molde para uma cartilagem hialina. Além disso, uma membrana denominada ***pericôndrio*** se desenvolve em torno da cartilagem.
2. **Crescimento do molde de cartilagem**. O molde de cartilagem cresce em comprimento e espessura. À medida que o molde de cartilagem continua a crescer, as células de cartilagem em sua região média sofrem alterações químicas que iniciam a calcificação. Uma vez que a cartilagem se torna calcificada, as outras células de cartilagem morrem pois os nutrientes não mais se difundem rápido o suficiente através da matriz. As lacunas de células que morreram agora estão vazias, e as finas repartições entre elas se degradam, formando pequenas cavidades. Neste meio tempo, uma artéria nutriente penetra no osso através de um orifício (forame nutrício) na região média do molde. Isto estimula as células osteoprogenitoras no pericôndrio a se desenvolverem em osteoblastos. As células produzem uma camada fina de osso compacto sob o pericôndrio. Uma vez que o pericôndrio começa a formar osso, é conhecido como ***periósteo***.
3. **Desenvolvimento do centro de ossificação primária**. Junto à porção média do molde, os capilares do periósteo crescem na cartilagem calcificada em desintegração. Os capilares estimulam o ***crescimento de um centro primário*** de ossificação, uma região onde o tecido ósseo substituirá a maior parte da cartilagem. Os osteoblastos começam então a depositar matriz óssea sobre os restos de cartilagem calcificada, formando trabéculas de osso esponjoso. À medida que o centro de ossificação aumenta em direção às extremidades do osso, os osteoclastos degradam as trabéculas de osso esponjoso recém-formadas. Esta atividade deixa uma cavidade, a cavidade medular (medula), no centro do molde. A cavidade então é preenchida com medula óssea vermelha.
4. **Desenvolvimento da diáfise e epífise**. A diáfise (corpo), que antes era uma massa sólida de cartilagem hialina, é substituída por osso compacto, em cujo centro há uma cavidade medular cheia de medula óssea vermelha. Quando os vasos sangüíneos (artérias epifisárias) penetram nas epífises, os ***centros secundários de ossificação*** se desenvolvem, usualmente na época do nascimento.
5. Nos centros secundário de ossificação, a formação óssea é similar à dos centros primários de ossificação. Uma diferença, porém, é que o osso esponjoso permanece no interior das epífises (não são formadas cavidades medulares nas epífises). Além disso, a cartilagem hialina permanece recobrindo as epífises como cartilagem articular, e entre a diáfise e a epífise, como ***placa epifisária***, a qual é responsável pelo crescimento dos ossos longos no comprimento.

A placa epifisária permite à diáfise do osso aumentar de comprimento até o início da vida adulta. A velocidade de crescimento é controlada por hormônios como o hormônio de crescimento humano (GH). As células de cartilagem da placa epifisária cessam a divisão, e a cartilagem eventualmente é substituída pelo osso. A nova estrutura é denominada ***linha epifisária***. Com o surgimento da linha epifisária, o crescimento ósseo em comprimento cessa.

O crescimento em diâmetro ocorre junto com o crescimento em comprimento. Neste processo, o osso revestindo a cavidade medular é destruído por osteoclastos no endósteo de modo que a cavidade aumenta em diâmetro. Ao mesmo tempo, os osteoblastos do periósteo acrescentam novo tecido ósseo em torno da superfície externa do osso.

Homeostase

Objetivo: *Descrever os fatores envolvidos no crescimento e manutenção ósseos.*

Crescimento e Manutenção Ósseos

O osso, como a pele, repõe continuamente a si mesmo ao longo da vida adulta. O ***remodelamento*** é a substituição do tecido ósseo velho por um novo. O osso compacto é formado pela transformação do osso esponjoso. O diâmetro de um osso longo é aumentado pela destruição interna do osso, e a construção externa de osso novo. Mesmo após os ossos terem atingido suas formas e tamanhos adultos, o osso velho é continuamente destruído e o osso novo é formado em seu lugar. O osso nunca está metabolicamente em repouso; ele remodela-se constantemente. O remodelamento remove o osso gasto e lesado, substituindo-o por tecido novo. Ele também permite ao osso servir como área de armazenamento para o cálcio corporal (será discutido a seguir). Muitos outros tecidos no corpo necessitam de cálcio para realizar suas funções. O sangue troca continuamente cálcio com os ossos, removendo o cálcio quando ele e outros tecidos não estão recebendo o suficiente, e suprindo novamente os ossos para impedi-los de perder massa.

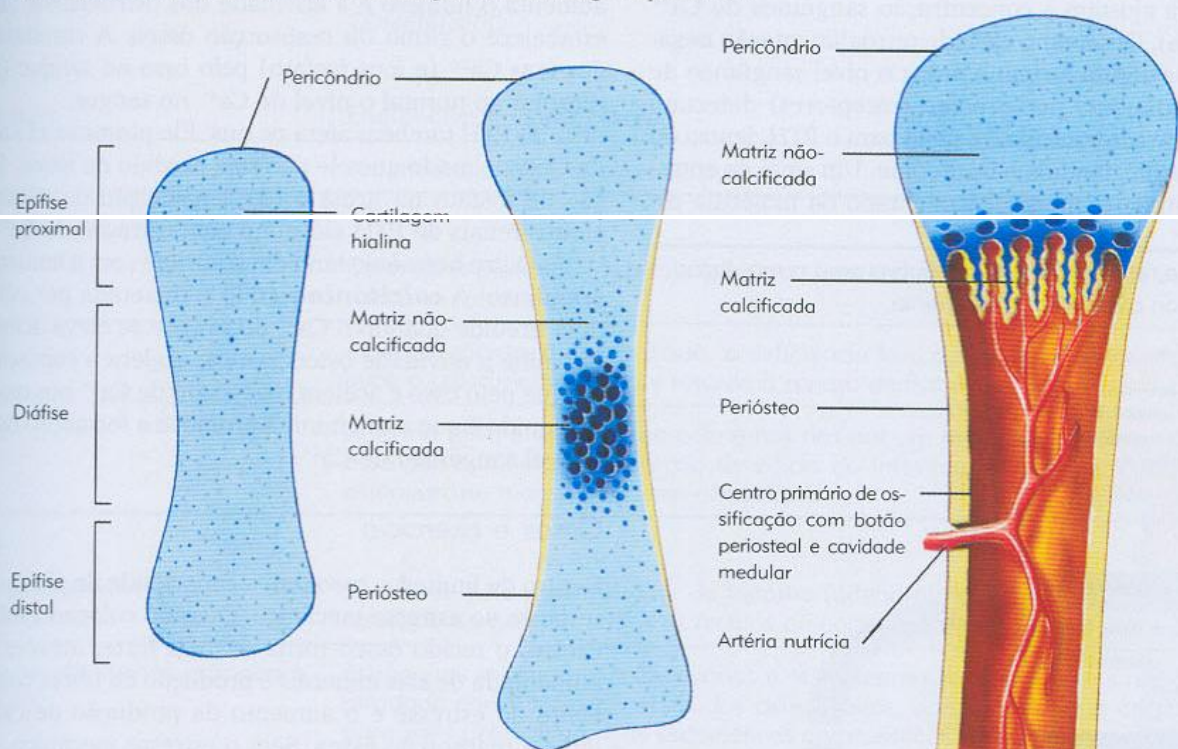
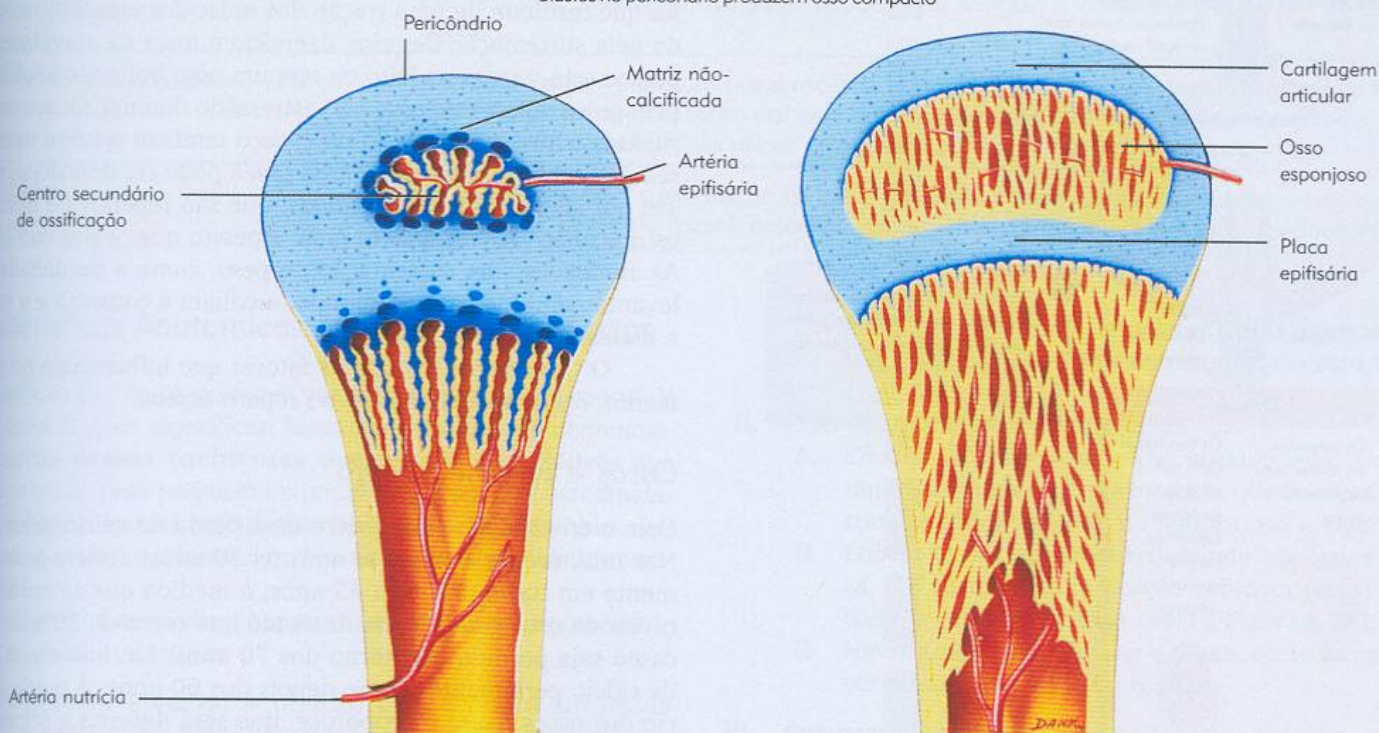
Os osteoclastos são responsáveis pela reabsorção (destruição da matriz) do tecido ósseo. Uma homeostase delicada é mantida entre a ação dos osteoclastos, ao remover cálcio e colágeno, e a ação dos osteoblastos, construtores de osso ao depositar cálcio e colágeno. Caso um excesso de tecidos novos fosse formado, o osso tornar-se-ia anormalmente espesso e pesado. Se um excesso de cálcio é depositado, o excedente pode formar elevações espessas ("esporões") que interferem com o movimento nas articulações. Uma perda excessiva de tecido ou cálcio torna os ossos quebradiços ou demasiado flexíveis.

O crescimento ósseo normal no jovem, o remodelamento ósseo no adulto e o reparo do osso fraturado dependem de (1) minerais adequados, sendo os mais importantes cálcio, fósforo e magnésio; (2) vitaminas A, C e D; (3) vários hormônios, sendo os mais importantes o hormônio de crescimento humano, hormônios sexuais (estrógenos e testosterona), insulina, fatores de crescimento semelhantes à insulina, hormônios tireóideos, calcitonina e hormônio paratireóideo; e (4) o exercício, que expõe os ossos ao estresse (atividades de suporte de peso). Veja o Quadro 6.1.

Ossos e Homeostase Mineral

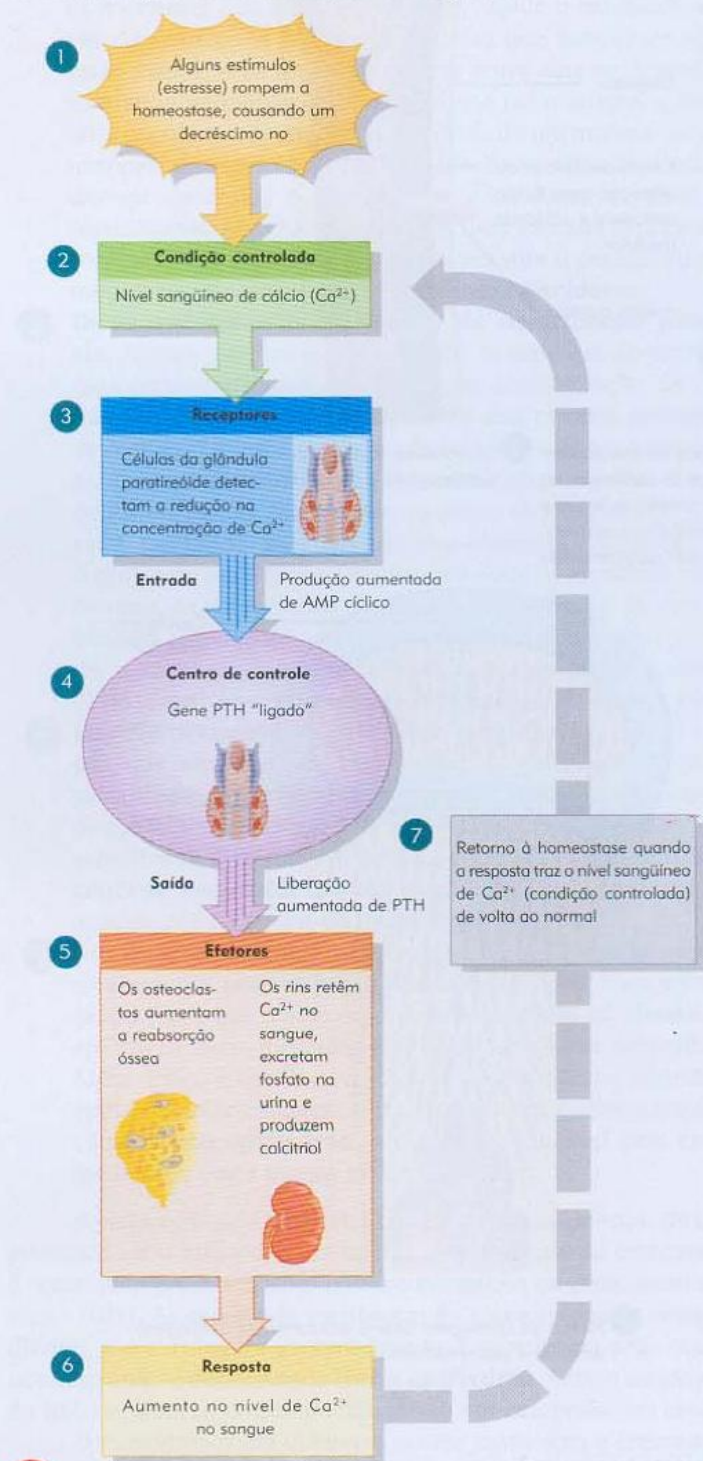
Os ossos contêm mais cálcio do que quaisquer outros órgãos, mas o cálcio também é necessário para a função muscular e nervosa e para a coagulação do sangue. Níveis adequados de cálcio são necessários no sangue, mas quantidades excessivas também podem ser nocivas, e os ossos servem como locais úteis de armazenamento quando o cálcio sangüíneo aumenta além do seu nível homeostático normal. Os ossos também armazenam mais fosfato (fósforo) do que qualquer outro órgão. Níveis apropriados de fosfato são requeridos para a produção de ácidos nucleicos (DNA e RNA) e ATP

Figura 6.4 Ossificação endocondral da tíbia.

A ossificação endocondral envolve a substituição da cartilagem por osso.

1. As células mesenquimatosas diferenciam-se em células que formam o molde de cartilagem hialina
2. O molde de cartilagem cresce no comprimento e na espessura, as células de cartilagem na região média calcificam a matriz, as lacunas vazias formam pequenas cavidades e os osteoblastos no pericôndrio produzem osso compacto
3. Formam-se o centro primário de ossificação e a cavidade medular

4. Desenvolvimento do centro secundário de ossificação na epífise. Um centro secundário de ossificação também se desenvolve na epífise distal de um osso longo
5. Restos de cartilagem hialina em forma de cartilagem articular e placa epifisária

Que estrutura assinala que o crescimento ósseo no sentido do comprimento cessou?

O hormônio mais importante que regula as trocas de Ca^{2+} entre o osso e o sangue é o ***hormônio paratireóide (PTH)***, secretado pelas glândulas paratireóides. Os sistemas de retroalimentação negativa ajustam a concentração sangüínea do Ca^{2+} (condição controlada). Observar o ciclo de retroalimentação negativa na Figura 6.5. Se algum estímulo reduz o nível sangüíneo de Ca^{2+}, as células da glândula paratireóide (receptores) detectam esta alteração. O centro de controle é o gene para o PTH dentro do núcleo de uma célula da glândula paratireóide. Um sinal de entrada ao centro de controle é um nível aumentado da molécula conhecida como AMP cíclico (monofosfato de adenosina) no citosol. O AMP cíclico acelera reações que "ligam" o gene PTH, a síntese de PTH se acelera e mais PTH (saída) é liberado no sangue. O PTH aumenta o número e a atividade dos osteoclastos (efetores), que estabelece o ritmo da reabsorção óssea. A resultante libertação dos íons Ca^{2+} (e íons fosfato) pelo osso no sangue (resposta) faz retornar ao normal o nível de Ca^{2+} no sangue.

Figura 6.5 Sistema de retroalimentação negativa para a regulação da concentração do íon cálcio (Ca^{2+}) sangüínio.

P *Que funções corporais dependem de níveis corretos de Ca^{2+}?*

O PTH também afeta os rins. Ele promove (1) a recuperação do Ca^{2+} de modo que ele não seja perdido na urina, (2) a eliminação de fosfato na urina e (3) a formação de vitamina D. Estes efeitos renais do PTH elevam a concentração de Ca^{2+} no sangue.

Outro hormônio também contribui com a homeostase do Ca^{2+} sangüíneo. A ***calcitonina (CT)*** é secretada por células da glândula tireóide quando o Ca^{2+} do sangue se eleva acima do normal. Ela inibe a atividade osteoclástica, acelera a captação de Ca^{2+} do sangue pelo osso e acelera o depósito de Ca^{2+} nos ossos. O resultado do líquido é que a calcitonina promove a formação óssea e diminui o nível sangüíneo de Ca^{2+}.

Ossos e Exercício

Dentro de limites, o osso tem a capacidade de alterar sua força em resposta ao estresse mecânico. Quando colocado sob estresse mecânico, o tecido ósseo torna-se mais forte, através da deposição aumentada de sais minerais e produção de fibras colágenas. Outro efeito do estresse é o aumento da produção de calcitonina, que inibe a reabsorção óssea. Sem o estresse mecânico, o osso não se remodela normalmente, pois a reabsorção supera a formação óssea. A remoção do estresse mecânico enfraquece o osso através da ***desmineralização*** (perda dos minerais ósseos) e redução do colágeno. Os principais estresses mecânicos sobre o osso são aqueles que resultam de uma tração dos músculos esqueléticos, causada pela sustentação de peso, exercício e força da gravidade. Se a pessoa está restrita ao leito ou tem um osso fraturado imobilizado pelo gesso, a força do osso não-estressado diminui. Os astronautas sujeitos à ausência de peso no espaço também perdem massa óssea. Em ambos os casos, a perda óssea pode ser dramática, de até 1% por semana. Ossos de atletas, que são repetitiva e altamente estressados, tornam-se bem mais espessos que os dos não-atletas. As atividades com sustentação de peso, como a caminhada ou o levantamento de peso moderado, auxiliam a construir e a manter a massa óssea.

O Quadro 6.1 resume os fatores que influenciam no crescimento, no remodelamento e no reparo ósseos.

Ossos e Envelhecimento

Com o envelhecimento, ocorre uma perda de cálcio pelos ossos. Nas mulheres, ele inicia-se após os 30 anos, acelera-se intensamente em torno dos 40 a 45 anos, à medida que se reduzem os níveis de estrógenos, e continua até que cerca de 30% do cálcio ósseo seja perdido, em torno dos 70 anos. Em homens, a perda de cálcio geralmente ocorre depois dos 60 anos. A perda de cálcio dos ossos causa osteoporose, que será descrita a seguir.

O segundo efeito principal do envelhecimento sobre o sistema esquelético é uma redução na velocidade de formação de proteínas, que resulta em uma capacidade diminuída de produzir a porção orgânica da matriz óssea. Conseqüentemente, o osso acumula menos matriz orgânica e mais matriz inorgânica. Em alguns indivíduos idosos, este processo faz seus ossos tornarem-se quebradiços e mais suscetíveis a fraturas.

Quadro 6.1 Resumo dos Fatores que Influenciam o Crescimento, o Remodelamento e o Reparo dos Ossos

FATOR	COMENTÁRIO
Minerais	
Cálcio e fósforo	Endurecem a matriz óssea.
Magnésio	A deficiência inibe os osteoblastos.
Vitaminas	
Vitamina A	Controla a atividade, a distribuição e a coordenação dos osteoblastos e dos osteoclastos; tóxica em altas doses.
Vitamina C	Auxilia a manter a matriz óssea; a deficiência leva à produção diminuída de colágeno, que inibe o crescimento ósseo e retarda o reparo de fraturas.
Vitamina D	A forma ativa é formada na pele e nos rins por um precursor da dieta; auxilia a construir o osso por aumentar a absorção de cálcio do intestino ao sangue; pode reduzir o risco de osteoporose, mas é tóxica em altas doses.
Hormônios	
Hormônio de crescimento humano (GH)	Secretado pela parte anterior da hipófise (adeno-hipófise), na base do cérebro; promove o crescimento geral de todos os tecidos do corpo, incluindo o osso.
Hormônios sexuais (vários estrógenos e testosterona)	Estrógenos secretados pelos ovários e testosterona secretada pelos testículos aumentam a atividade construtora de ossos dos osteoblastos, para promover o crescimento ósseo; responsáveis pelas diferenças esqueléticas caraterísticas feminina e masculina.
Hormônios tireóideos (tiroxina e triiodotironina)	Secretados pela glândula tireóide, logo abaixo da laringe; promovem o crescimento ósseo e maturidade normais.
Calcitonina (CT)	Secretada pela glândula tireóide; promove a formação óssea por inibir a atividade dos osteoclastos, acelera a absorção de Ca^{2+} do sangue e acelera a deposição de Ca^{2+} nos ossos.
Hormônio paratireóideo (PTH)	Secretado pelas glândulas paratireóides, aderidas à superfície posterior da glândula tireóide; promove a reabsorção óssea por aumentar o número e atividade dos osteoclastos; aumenta a recuperação do Ca^{2+} da urina; promove a produção da forma ativa da vitamina D.
Exercício	As atividades com sustentação de peso auxiliam a construir ossos mais espessos e fortes e retardam a perda de massa óssea que ocorre à medida que as pessoas envelhecem.

Características Anatômicas de Superfície dos Ossos

As superfícies dos ossos possuem várias características estruturais adaptadas a funções específicas. Estas caraterísticas são denominadas ***marcas ósseas (acidentes ósseos)***. Os ossos longos que suportam muito peso possuem extremidades grandes e arredondadas, que podem formar articulações resistentes, por exemplo. Outros ossos possuem depressões que recebem as extremidades arredondadas.

A seguir, há exemplos de marcas ósseas (acidentes ósseos):

I. *Depressões e Aberturas*

A. *Forame* (*foramen* = orifício) Uma abertura através da qual passam vasos sangüíneos, nervos ou ligamentos, como o forame magno do osso occipital (veja a Figura 6.8).

B. *Meato* (*meatus* = canal) Uma passagem em forma de tubo correndo dentro de um osso, como o meato acústico externo do osso temporal (veja a Figura 6.7b)

C. *Seio paranasal* (*sinus* = cavidade) Uma cavidade cheia de ar dentro de um osso conectado à cavidade nasal, como o seio frontal, no osso frontal (veja a Figura 6.7c).

D. *Fossa* (*fossa* = fenda, trincheira) Uma depressão sobre um osso, como a fossa mandibular do osso temporal (veja a Figura 6.8).

II. *Processos que Formam Articulações*

A. *Côndilo* (*côndilo* = elevação arredondada) Uma proeminência grande e arredondada que forma a juntura, como o côndilo medial do fêmur (veja a Figura 6.28).

B. *Cabeça* Uma projeção arredondada que forma a juntura, e é sustentada na porção constrita (colo) do osso, como a cabeça do fêmur (veja a Figura 6.28).

C. *Faceta* Uma superfície lisa e plana, como as facetas nas vértebras (veja a Figura 6.16).

III. *Processos aos quais se Fixam os Tendões, os Ligamentos e Outros Tecidos Conjuntivos*

A. *Tuberosidade* Um processo grande, arredondado, usualmente áspero, como a tuberosidade deltóidea do úmero (ver Figura 6.22).

B. *Processo espinhoso* (espinha) Uma projeção aguda, mais fina, como o processo espinhoso das vértebras (veja a Figura 6.17).

C. *Trocanter* Uma projeção grande e romba encontrada somente no fêmur, como o trocanter maior (ver Figura 6.28).

D. *Crista* Uma margem proeminente, como a crista ilíaca do quadril (ver Figura 6.25).

Divisões do Sistema Esquelético

Objetivo: *Classificar os ossos do corpo em divisões axial e apendicular.*

O esqueleto humano adulto consiste de 206 ossos agrupados como o ***esqueleto axial*** e o ***esqueleto apendicular***. O esqueleto axial consiste dos ossos do crânio, dos ossículos auditivos (ossos da orelha), do osso hióide, das costelas, do esterno e das vértebras. O esqueleto apendicular consiste dos ossos dos membros superiores e inferiores (extremidades), mais os ossos dos cíngulos que conectam os membros ao esqueleto axial. Existem 80 ossos no esqueleto axial e 126 no apendicular (Quadro 6.2). Consulte a Figura 6.6 para ver como as duas divisões são unidas para formar o esqueleto completo.

Crânio

O ***crânio*** repousa no topo da coluna vertebral, e é composto de dois conjuntos de ossos: os ossos cranianos e os ossos faciais. Os oito ***ossos do crânio*** encerram e protegem o encéfalo. Eles são o osso frontal (1), os ossos parietais (2), os ossos temporais (2), o osso occipital (1), o osso esfenóide (1) e o osso etmóide (1). Existem 14 ***ossos faciais***: os ossos nasais (2), os da maxila (2), os ossos zigomáticos (2), a mandíbula (1), os ossos lacrimais (2), os ossos palatinos (2), as conchas nasais inferiores (2) e o vômer (1). Localize os ossos do crânio nas várias vistas do crânio (Figura 6.7).

Suturas

Uma ***sutura*** (*sutura* = costura) é uma articulação imóvel encontrada somente entre os ossos do crânio (Figura 6.7). As suturas mantêm juntos os ossos do crânio. Veja os seguintes exemplos:

1. **Sutura coronal** (*sagitta* = coroa). Une o osso frontal e os dois ossos parietais.
2. **Sutura sagital** (*sagita* = seta). Une os dois ossos parietais.
3. **Sutura lambdóide**. Une os ossos parietais e o osso occipital.
4. **Sutura escamosa** (*squama* = escama). Une os ossos parietais e os ossos temporais.

Quadro 20.1 Resumo do Metabolismo

REGIÕES DO ESQUELETO	NÚMERO DE OSSOS
Esqueleto Axial	
Crânio	
Crânio	8
Face	14
Hióide	1
Ossículos da audição	6
Coluna vertebral	26
Tórax	
Esterno	1
Costelas	24
Subtotal = 80	
Esqueleto Apendicular	
Cíngulo peitoral (cíngulo do membro superior)	
Clavícula	2
Escápula	2
Membros superiores (extremidades)	
Úmero	2
Ulna	2
Rádio	2
Carpo	16
Metacarpo	10
Falanges	28
Cíngulo pélvico (cíngulo do membro inferior)	
Osso do quadril (pélvico)	2
Membros inferiores (extremidades)	
Fêmur	2
Fíbula	2
Tíbia	2
Patela	2
Tarso	14
Metatarso	10
Falanges	28
Subtotal = 126	
Total = 206	

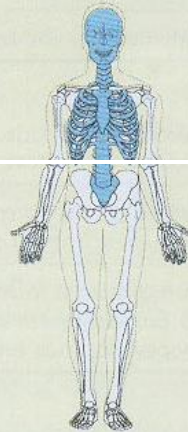
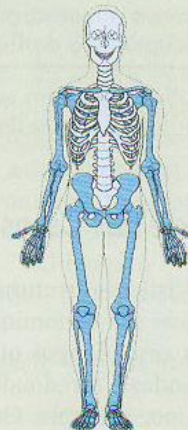



Figura 6.6 Divisões do sistema esquelético. O esqueleto axial é indicado em azul. Note a posição do osso hióide na Figura 6.7b.

O esqueleto humano adulto consiste de 206 ossos agrupados em divisões axial e apendicular.

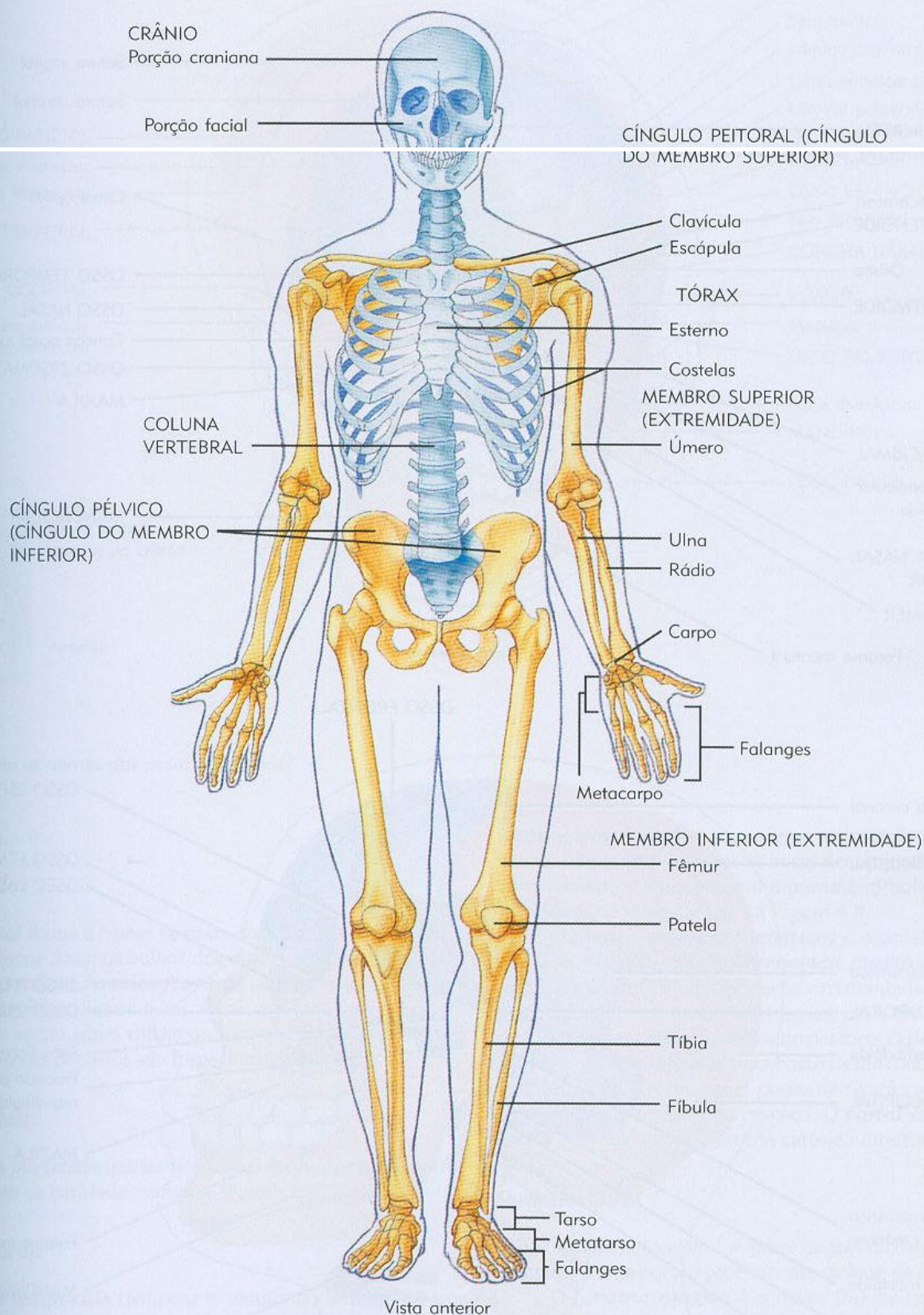
Vista anterior

Cada um dos seguintes ossos é parte do esqueleto axial ou apendicular: crânio, clavícula, coluna vertebral, cíngulo peitoral, úmero, cíngulo pélvico e fêmur?

Figura 6.7 Crânio. Embora o osso hióide não seja parte do crânio, está indicado em (b) e (c) para referência.

 O crânio consiste de dois conjuntos de ossos: cranial e facila.

(a) Vista anterior

(b) Vista lateral direita

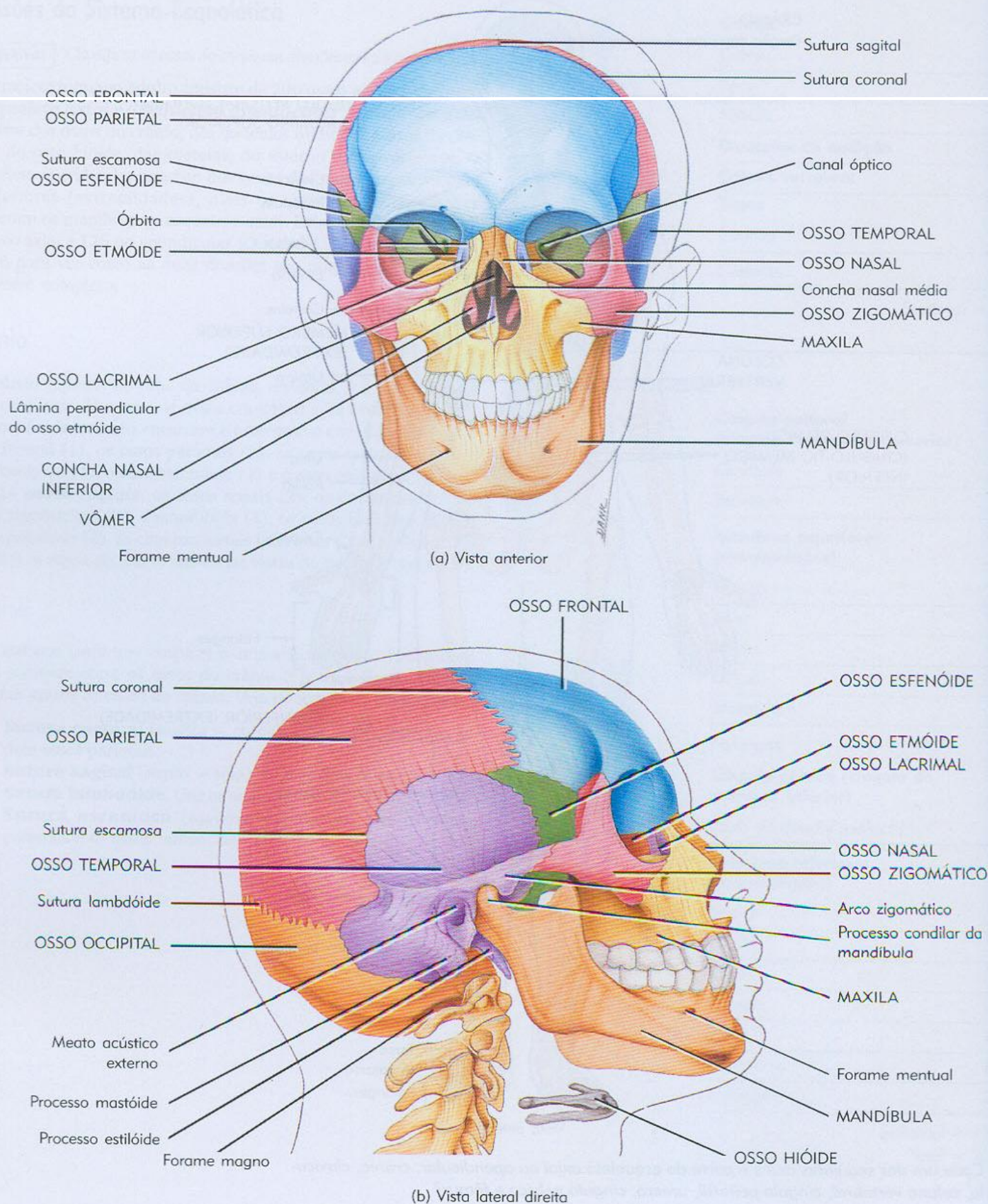
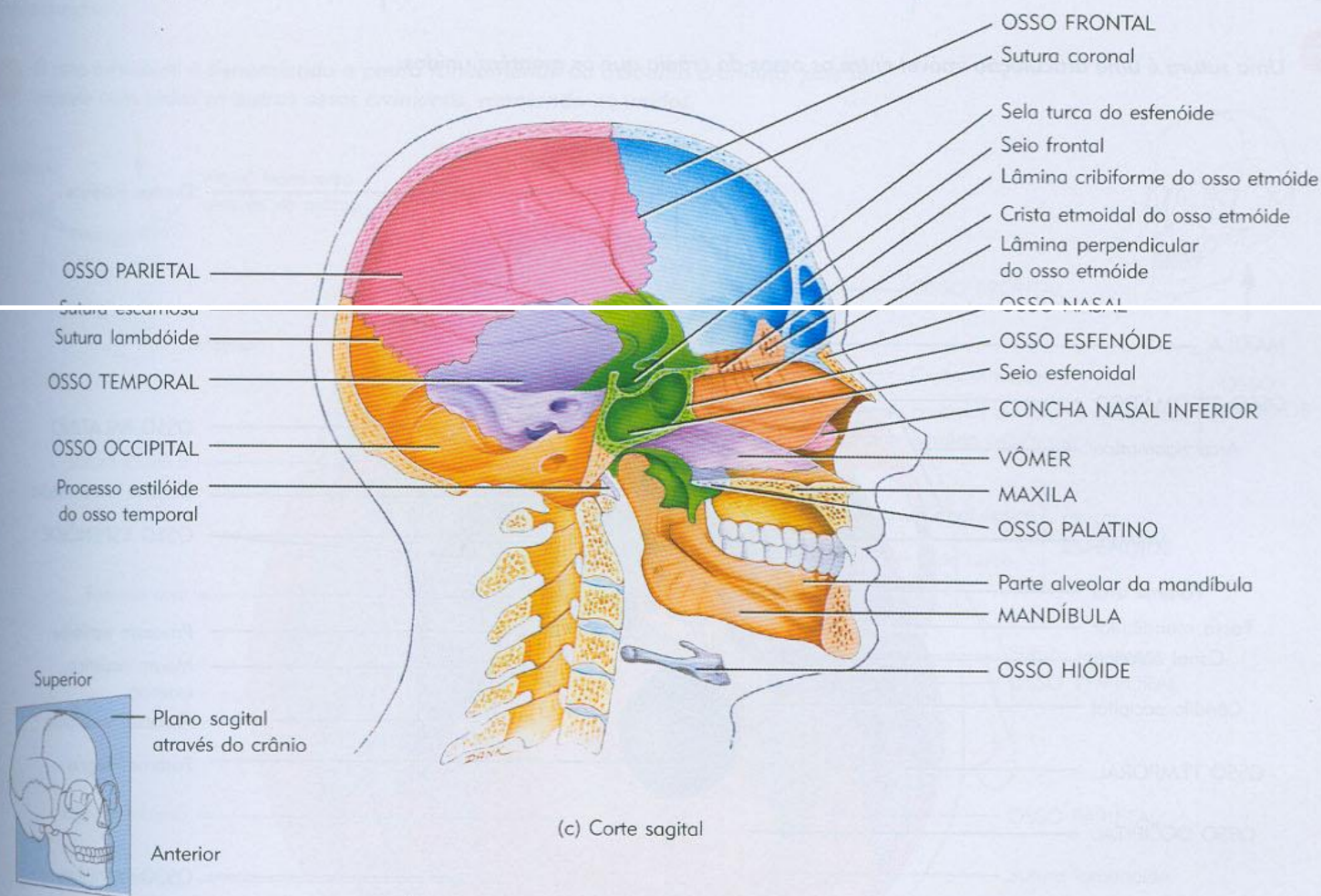



Figura 6.7 *(Continuação)*

(c) Corte sagital

Quais são os nomes dos ossos cranianos?

Ossos Cranianos

Osso Frontal

O ***osso frontal*** forma a fronte (a parte anterior do crânio), parte das ***órbitas*** (onde ficam os bulbos dos olhos), e a maior parte da fossa anterior do crânio. Os ***seios frontais*** situam-se profundamente no osso frontal (ver Figura 6.7c). Estas cavidades revestidas de túnica mucosa atuam como caixas de som que dão ressonância à voz. Outras funções dos seios são fornecidas na p. 116.

Ossos parietais

Os dois ***ossos parietais*** (*paries* = parede) formam a maior parte dos lados e teto da cavidade craniana (Figura 6.7).

Ossos Temporais

Os dois ***ossos temporais*** (*tempora* = têmporas) formam a parte inferior dos lados do crânio e parte do assoalho craniano.

Na vista lateral do crânio na Figura 6.7b, note que os ossos temporal e zigomático unem-se para formar o ***arco zigomático***.

A ***fossa mandibular*** forma uma articulação com uma projeção na mandíbula (osso inferior da boca) denominada processo condilar para formar a articulação temporomandibular (ATM). A fossa mandibular é vista melhor na Figura 6.8.

O ***meato externo (acústico)*** é o canal no osso temporal que leva à orelha média. O ***processo mastóide*** (*mastoid* = em forma de mama) é uma projeção arredondada do osso temporal posteriormente ao meato acústico externo. Ele serve como ponto de fixação para vários músculos do pescoço. O ***processo estilóide*** (*stylos* = pilar) projeta-se para baixo desde a superfície inferior do osso temporal e serve como ponto de fixação para os músculos e ligamentos da língua e do pescoço. O ***canal carótido*** é o canal através do qual passa a artéria carótida interna.

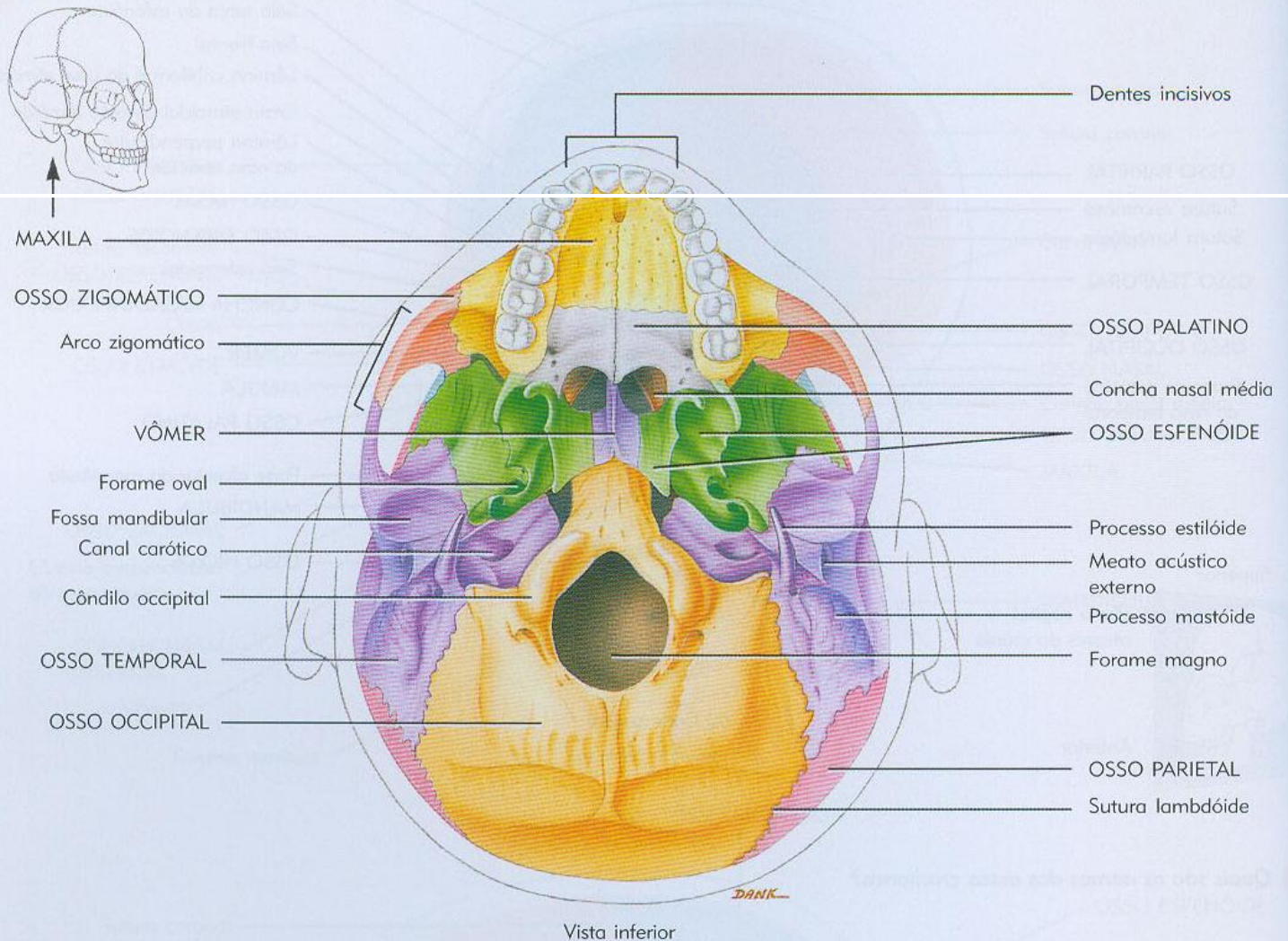
Osso Occipital

O osso occipital (*occipital* = parte de trás da cabeça) forma a parte posterior e uma porção proeminente da base da crânio (Figura 6.8).

O ***forame magno*** é o maior forame no crânio. Ele é um grande orifício no osso occipital através do qual passam a medula oblonga (bulbo) (parte do encéfalo que é contínua com a medula espinal), as artérias vertebrais e os nervos.

Figura 6.8 Crânio. A seta no destaque indica a direção pela qual o crânio é visto (inferior).

Uma sutura é uma articulação imóvel entre os ossos do crânio que os mantêm unidos.

Vista inferior

P *Qual é o maior forame do crânio?*

Os ***côndilos occipitais*** são projeções ovais, uma de cada lado do forame magno, que se articulam (formam uma articulação) com a primeira vértebra cervical.

Osso Esfenóide

O ***osso esfenóide*** (*spheno* = em forma de cunha) está situado na parte média da base do crânio (Figura 6.9). Este osso é referido como a pedra fundamental do soalho craniano porque ele se une a todos os outros ossos cranianos. A forma do esfenóide é freqüentemente descrita como de um morcego com as asas estendidas.

A porção cúbica central do osso esfenóide contém os ***seios esfenoidais***, que drena para a cavidade nasal (ver Figura 6.12). Na superfície superior do corpo do esfenóide, há uma depressão denominada ***sela turca*** (sela de turco). Esta depressão contém a hipófise. Um ramo do nervo trigêmeo (mandibular) passa através do ***forame oval***. O osso esfenóide também contém o ***canal óptico***, através do qual passa o nervo óptico.

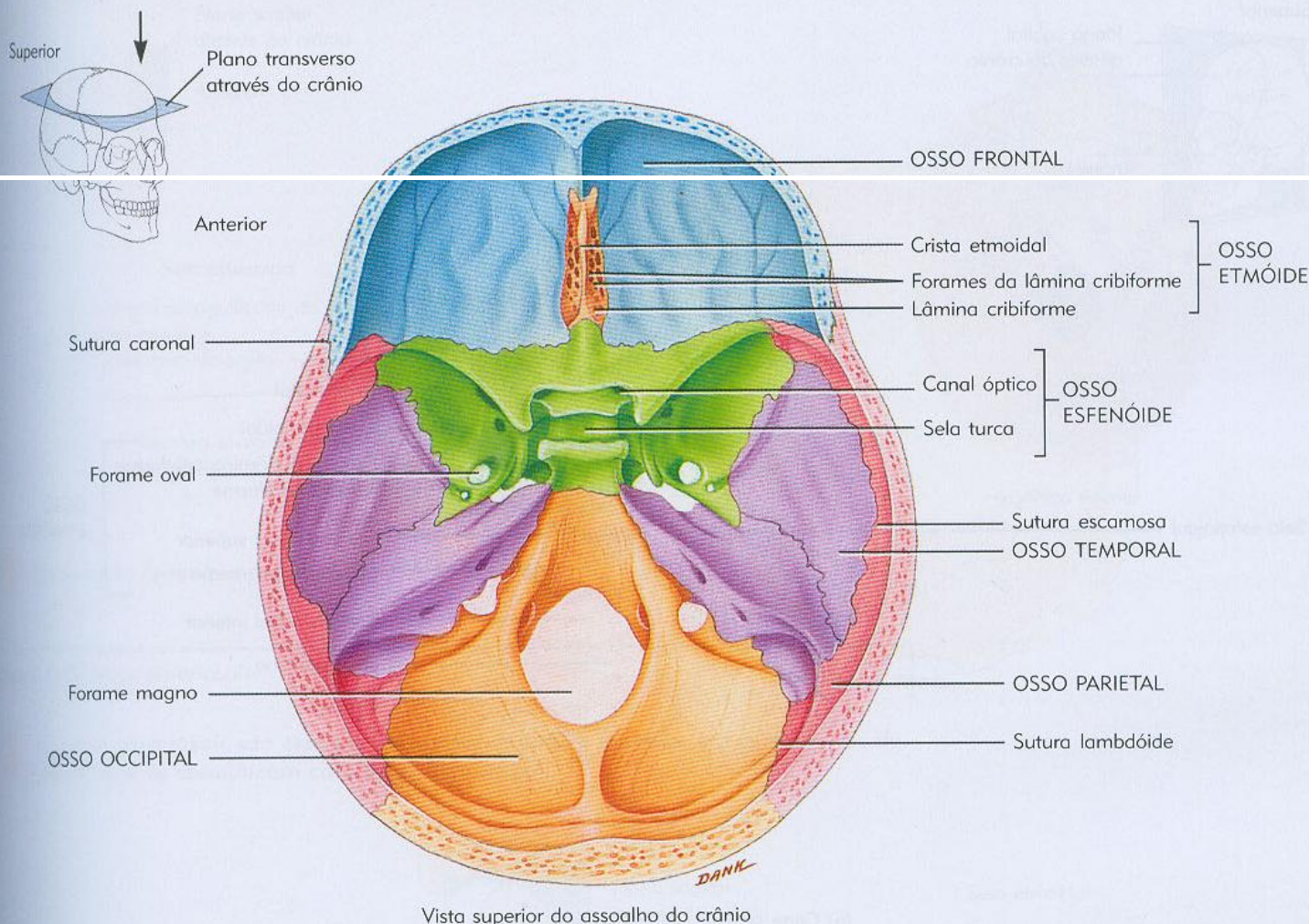
Osso Etmóide

O ***osso etmóide*** (*ethmóid* = semelhante a uma peneira) é um osso leve e esponjoso localizado na parte frontal do soalho craniano, entre as órbitas (Figura 6.10)

O etmóide contém 3 a 18 espaços aéreos, ou "células". É por estas "células" que o osso recebe seu nome. O conjunto de "células" etmoidais forma o ***seio etmoidal***. As células são mostradas na Figura 6.12. A ***lâmina perpendicular*** forma a porção superior do septo nasal (ver Figura 6.11). A ***lâmina cribiforme*** forma o teto da cavidade nasal. Ela contém os ***forames da lâmina cribiforme***, através dos quais passa o nervo olfatório. Projetando-se para cima da lâmina cribiforme, há um processo triangular denominado ***crista etmoidal*** (crista de galo), que serve como ponto de fixação para as membranas (meninges) que recobrem o cérebro.

O osso etmóide também contém duas lâminas ósseas finas, em forma de pergaminho, em cada lado do septo nasal. Estas são denominadas ***concha nasal superior*** e ***concha nasal média***.

Figura 6.9 Osso esfenóide. A seta no destaque indica a direção em que o corte do crânio é visto (superior).

O osso esfenóide é denominado a pedra fundamental do assoalho craniano, pois se articula com todos os outros ossos cranianos, mantendo-os unidos.

Iniciando na crista etmoidal do osso etmóide e prosseguindo em sentido horário, nomeie os ossos que fazem contato com o osso esfenóide.

As **conchas** filtram o ar antes que ele passe à traquéia, aos brônquios e aos pulmões.

Ossos da Face

Ossos Nasais

O par de ***ossos nasais*** forma parte do dorso do nariz (ver Figura 6.7a). A porção inferior do nariz, que é sua porção principal, consiste da cartilagem.

Maxilas

As maxilas (*macera* = mastigar) unem-se para formar o osso superior da boca e articulam-se com todos os ossos da face, exceto a mandíbula, que é o osso inferior da boca (Figura 6.11).

Cada maxila contém um ***seio maxilar***, que se abre na cavidade do nariz (nasal) (ver Figura 6.12). O ***processo alveolar*** (*alveolus* = cavidade) contém os ***alvéolos*** (encaixes ósseos) em que os dentes maxilares (superiores) estão inseridos. A maxila forma os três quartos anteriores do palato duro. As maxilas esquerda e direita fundem-se antes do nascimento. Se a fusão não ocorrer, surge uma condição denominada palato fendido. A fusão incompleta dos lados dos ossos palatinos também pode ocorrer (ver Figura 6.8). O ***lábio fendido***, que envolve uma fenda do lábio superior, também pode estar associado à ***fenda palatina***. Dependendo da extensão e da posição da fenda, a fala e a deglutição podem ser afetadas. Um procedimento cirúrgico algumas vezes pode melhorar o problema.

Figura 6.10 Osso etmóide.

O osso etmóide é a principal estrutura de suporte da cavidade nasal.

Superior

Plano sagital através do crânio

Anterior

Seio frontal

Crista etmoidal

Forame da lâmina cribiforme

Lâmina cribiforme

OSSO ETMÓIDE

Seio esfenoidal

Concha nasal superior

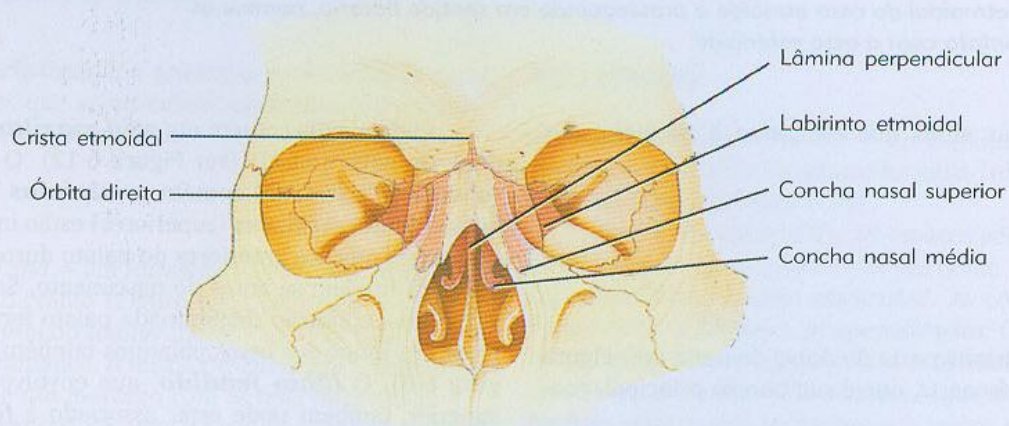
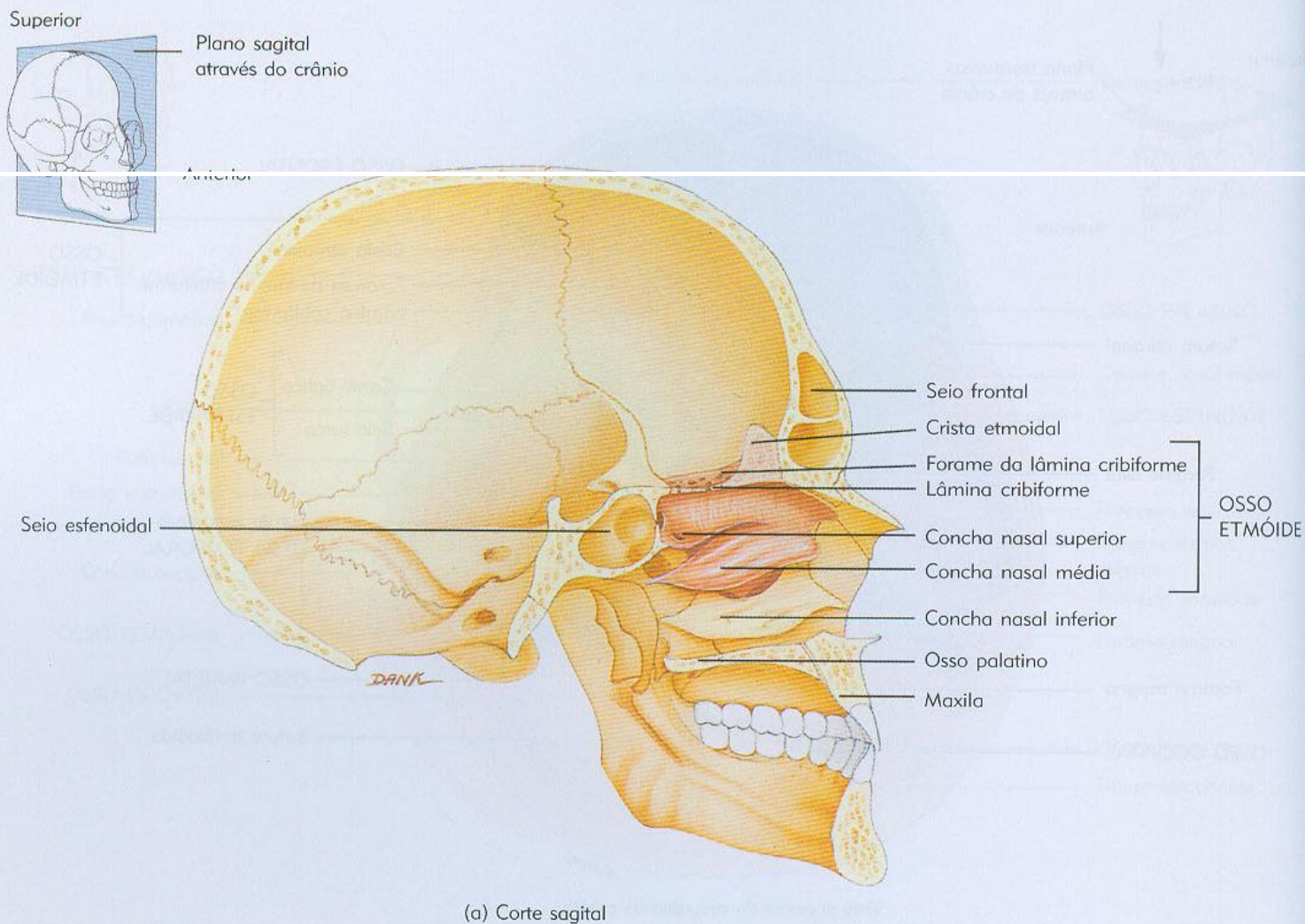
Concha nasal média

Concha nasal inferior

Osso palatino

Maxila

DANK

(a) Corte sagital

(b) Vista anterior da posição do osso etmóide no crânio

Que parte do osso etmóide forma a parte superior do septo nasal?

Figura 6.11 Maxilas.

As maxilas articulam-se com todos os ossos da face, exceto a mandíbula.

(a) Corte sagital

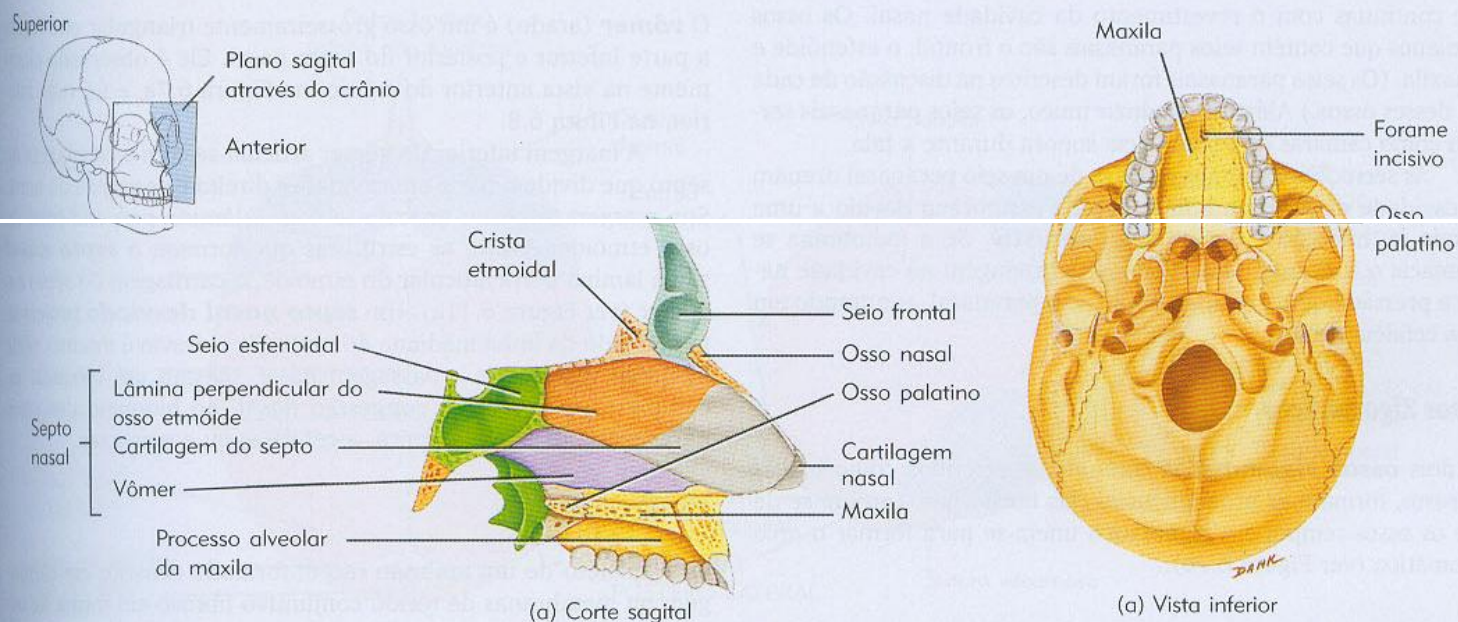
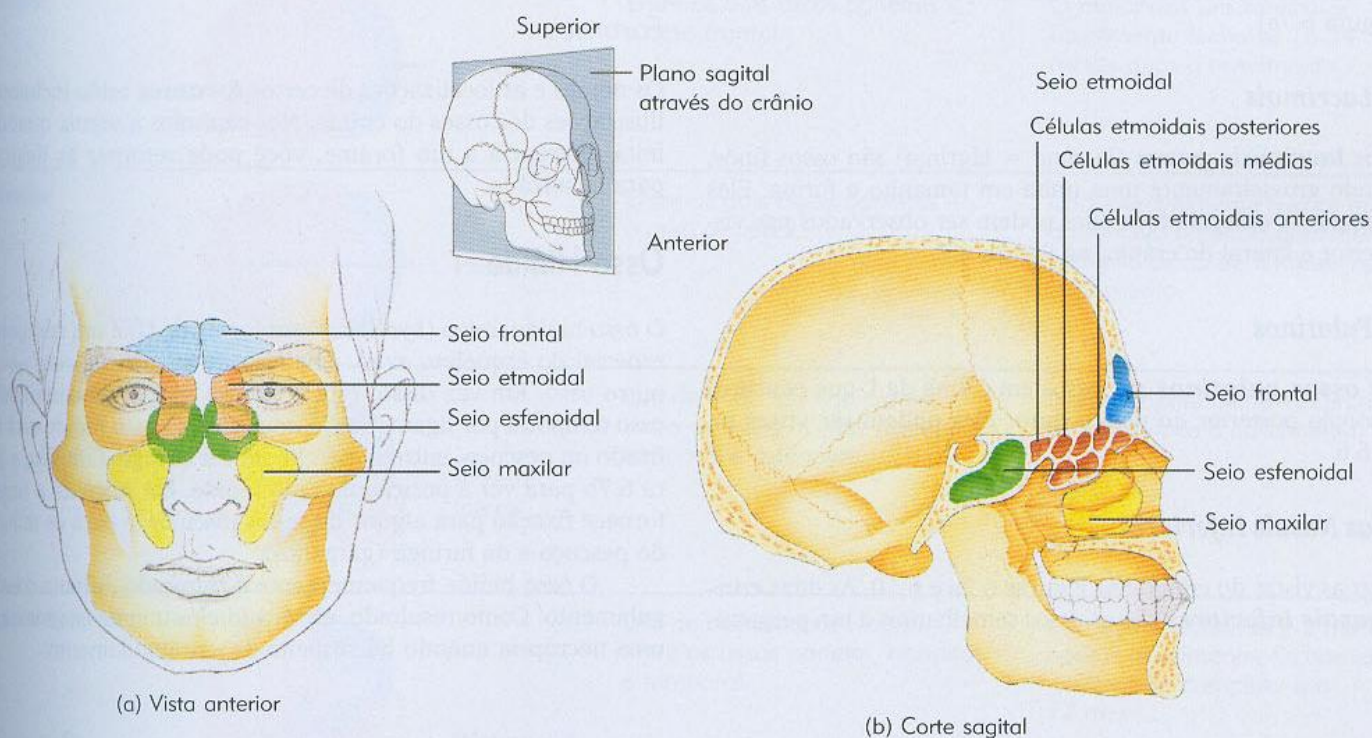
(a) Vista inferior

Quais ossos formam o palato duro?

Figura 6.12 Seios paranasais.

Os seios paranasais são espaços revestidos de túnica mucosa, em certos ossos do crânio, que se comunicam com a cavidade nasal.

(a) Vista anterior

(b) Corte sagital

Cite as duas principais funções dos seios paranasais.

Seios Paranasais

Cavidade pares, denominadas ***seios paranasais*** (*para* = ao lado de), estão localizadas em certos ossos junto à cavidade nasal (Figura 6.12). Os seios paranasais são revestidos com túnica mucosa que contínuas com o revestimento da cavidade nasal. Os ossos cranianos que contêm seios paranasais são o frontal, o esfenóide e a maxila. (Os seios paranasais foram descritos na discussão de cada um desses ossos.) Além de produzir muco, os seios paranasais servem como câmaras de ressonância sonora durante a fala.

As secreções da túnica mucosa de um seio paranasal drenam na cavidade nasal. Uma inflamação da membrana devido a uma alergia ou infecção é denominada ***sinusite***. Se a membrana se edemacia o suficiente para bloquear a drenagem na cavidade nasal, a pressão líquida se acumula so seio paranasal, resultando em uma cefaléia sinusal.

Ossos Zigomáticos

Os dois ***ossos zigomáticos*** comumente referidos como maçãs do rosto, formam as proeminências das bochechas. Lembre-se de que os ossos temporal e zigomático unem-se para formar o arco zigomático (ver Figura 6.7b).

Mandíbula

A ***mandíbula*** (mandere = mastigar), ou osso inferior da boca, é o maior e mais forte osso facial. Ela é o único osso móvel do crânio. A mandíbula tem um ***processo condilar*** que forma uma articulação com a fossa mandibular do osso temporal para formar a articulação temporomandibular (ATM) (ver Figura 6.7b). A ***parte alveolar*** é um arco contendo os ***alvéolos*** (encaixes) para os dentes mandibulares (inferiores) (ver Figura 6.7c). O ***forame mentual*** (*mentum* = queixo) é um orifício na mandíbula usado como ponto de referência para dentistas para injetar anestésicos (ver Figura 6.7a).

Ossos Lacrimais

Os ossos ***lacrimais pares*** (*lacrima* = lágrima) são ossos finos, lembrando grosseiramente uma unha em tamanho e forma. Eles são os menores ossos da face. Eles podem ser observados nas vistas anterior e lateral do crânio, na Figura 6.7.

Ossos Palatinos

Os dois ***ossos palatinos*** são ossos em forma de L que constituem a porção posterior do palato duro. Eles podem ser vistos na Figura 6.8.

Conchas Nasais Inferiores

Observar as vistas do crânio nas Figuras 6.7a e 6.10. As duas ***conchas nasais inferiores*** são os ossos semelhantes a um pergaminho que se projetam na cavidade nasal inferiormente às conchas nasais supeior e média do osso etmóide.

Vômer

O ***vômer*** (arado) é um osso grosseiramente triangular que forma a parte inferior e posterior do septo nasal. Ele é observado claramente na vista anterior do crânio, na Figura 6.7a, e na vista inferior, na Fifura 6.8.

A margem inferior do vômer articula-se com a cartilagem do septo que divide o nariz em cavidades direita e esquerda do nariz. Sua margem superior articula-se com a lâmina perpendicular do osso etmóide. Assim, as estruturas que formam o ***septo nasal*** são a lâmina perpendicular do etmóide, a cartilagem do septo e o vômer (ver Figura 6.11a). Um ***septo nasal desviado*** projeta-se para o lado da linha mediana do nariz. Se o desvio é intenso, pode bloquear totalmente a passagem nasal. Mesmo um bloqueio incompleto pode levar à congestão nasal, ao bloqueio dos seios paranasais, à sinusite crônica, a cefaléias ou a epistaxes.

Fontículos

O "esqueleto"de um embrião recém-formado consiste em cartilagem ou membranas de tecido conjuntivo fibroso em forma de ossos. Gradualmente, a cartilagem ou as membranas de tecido conjuntivo fibroso são substituídas por osso mas, ao nascer, os fontículos (pequenas fontes) ainda são encontrados entre os ossos cranianos (Figura 6.13). Estes "pontos moles" são áreas de membrana de tecido conjuntivo fibroso que eventualmente serão substituídos por meio da ossificação intramembranosa. Elas permitem ao crânio fetal ser comprimido quando passa pelo canal do parto, e permitem o crescimento rápido do cérebro durante a infância. Embora um infante possa ter muitos fontículos ao nascimento, a forma e a localização de seis deles são geralmente constantes (Quadro 6.3).

Forames

Os nomes e as localizações de certos ***forames*** estão incluídos nas ilustrações dos ossos do crânio. Nos capítulos a seguir, quando for feita referência a um forame, você pode retornar às ilustrações para localizá-lo.

Osso Hióide

O osso hióide único (*hyoedes* = em forma de U) é um componente especial do esqueleto axial, pois ele não se articula com nenhum outro osso. Em vez disso, está suspenso no processo estilóide do osso temporal por ligamentos e músculos. O osso hióide está localizado no pescoço, entre a mandíbula e a laringe. Consulte a Figura 6.7b para ver a posição do osso hióide. Ele sustenta a língua e fornece fixação para alguns de seus músculos, e para os músculos do pescoço e da faringe (garganta).

O osso hióide freqüentemente é fraturado durante o estrangulamento. Como resultado, ele é cuidadosamente examinado em uma necrópsia quando há suspeita de estrangulamento.

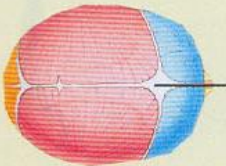
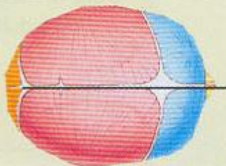
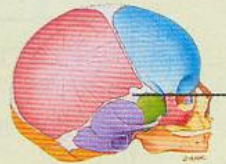
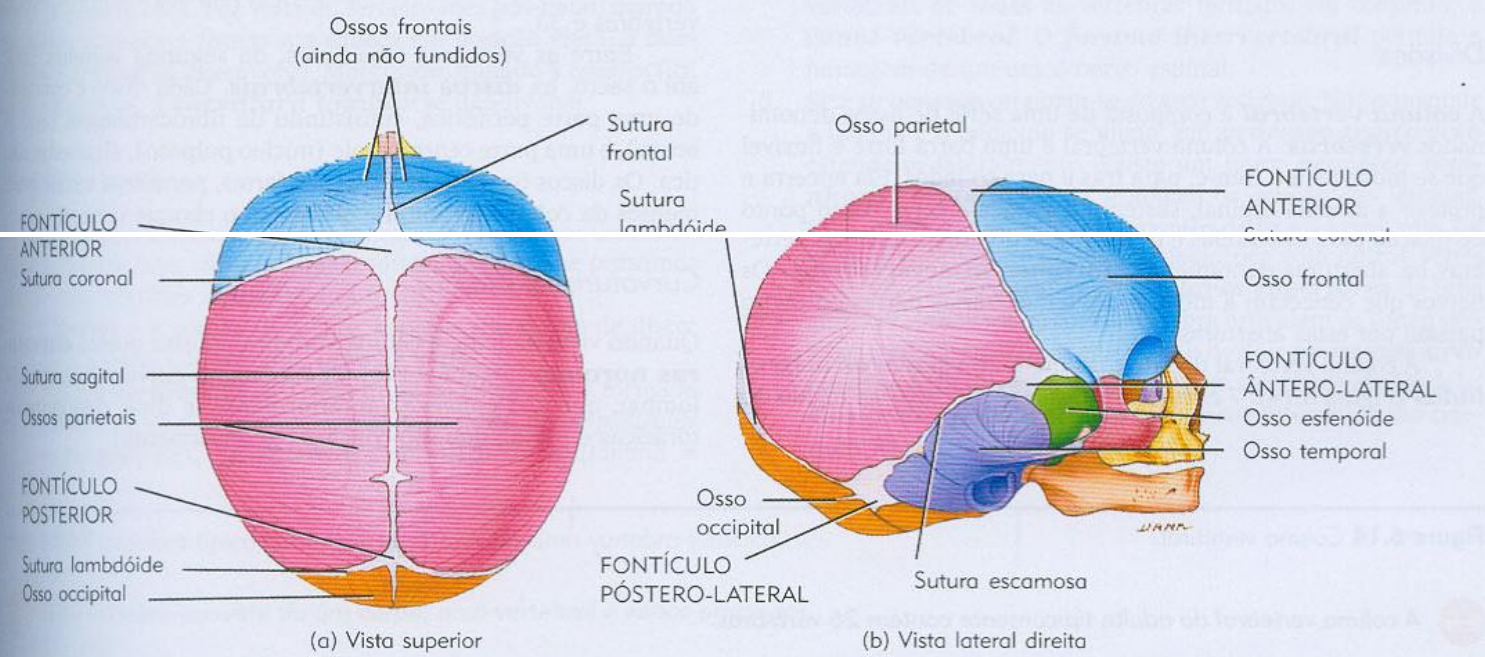



Figura 6.13 Fontículos do crânio ao nascimento.

Os fontículos são espaços preenchidos com membranas entre os ossos cranianos que estão presentes no nascimento.

Que fontículo é limitado por quatro diferentes ossos do crânio?

Quadro 6.3 Fontículos

FONTÍCULO	LOCALIZAÇÃO	DESCRIÇÃO	
Anterior	Anterior	Entre os dois ossos parietais e o osso frontal.	O maior dos seis fontículos; usualmente fecha-se 18-24 meses após o nascimento.
Posterior	Posterior	Entre os dois ossos parietais e o osso occipital.	Consideravelmente menor que a fontículo anterior; geralmente o fecha-se cerca de 2 meses após o nascimento.
Ântero-lateral	Ântero-lateral	Um de cada lado do crânio, entre os ossos frontal, parietal, temporal e esfenóide.	Normalmente fecha-se cerca de 3 meses após o nascimento.
Póstero-lateral	Póstero-lateral	Um de cada lado do crânio, entre os ossos parietal, occipital e temporal.	Começa a fechar-se 1-2 meses após o nascimento, fechamento geralmente completo aos 12 meses.

As curvaturas da coluna vertebral aumentam sua força, auxiliam a manter o equilíbrio na posição ereta, absorvem choques na deambulação e auxiliam a proteger a coluna de uma fratura.

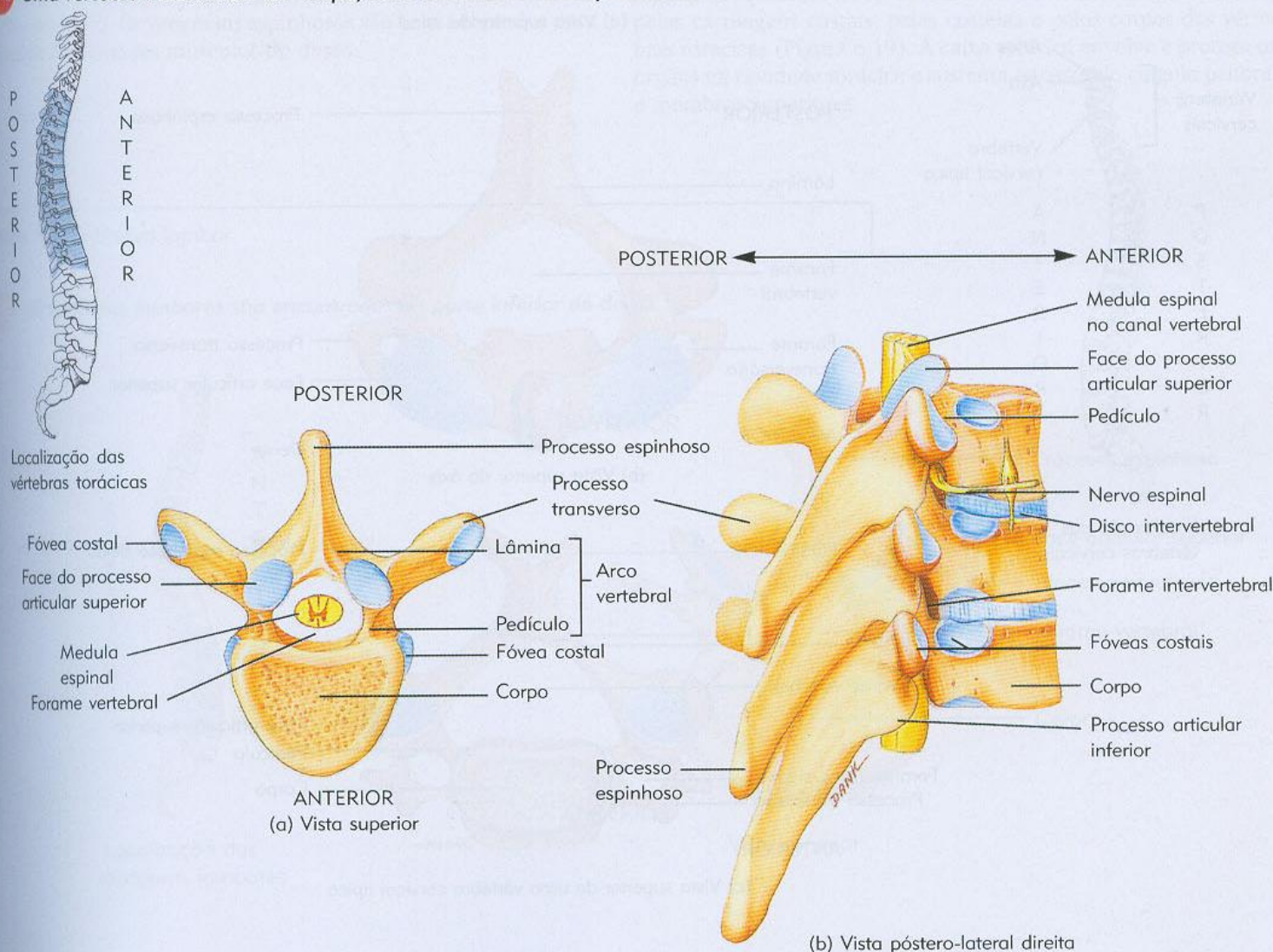
No feto, existe somente uma curvatura, côncava anteriormente (Figura 6.14b). Por volta do terceiro mês pós-natal, quando um infante começa a firmar sua cabeça em posição ereta, a ***curvatura cervical*** se desenvolve. Mais tarde, quando a criança fica de pé e caminha, a ***curvatura lombar*** se desenvolve.

Vértebra Típica

As vértebras em diferentes regiões da coluna variam em tamanho, forma e detalhe, mas são similares o suficiente para que possamos discutir uma vértebra típica (Figura 6.15).

1. O **corpo** é a porção da frente, espessa, em forma de disco; ela é a parte que sustenta peso na vértebra.
2. O ***arco vertebral*** estende-se atrás do corpo. Ele é formado por dois processos curtos e espessos, os ***pedículos*** (*pediculus* = pequeno pé), que se unem com as ***lâminas*** (*lâmina* = camada fina), partes planas que terminam em um processo espinhoso único, uma projeção aguda e mais delgada. O espaço entre o arco vertebral e o corpo contém a medula espinhal e é conhecido como ***forame vertebral***. Os forames vertebrais de todas as vértebras formam, em conjunto, o ***canal vertebral***. O ***forame intervertebral*** permite a passagem de um único nervo espinal.
3. Sete ***processos*** originam-se do arco vertebral. No ponto onde a lâmina e o pedículo se unem, um ***processo transverso*** estende-se lateralmente. Existe um único ***processo espinhoso (espinha)*** atrás e abaixo da junção das lâminas. Estes processos servem como pontos de fixação muscular. Os processos restantes formam articulações com outras vértebras. Os dois ***processos articulares superiores*** de uma vértebra articulam-se com a vértebra articulam-se com a vértebra imediatamente acima dela, e os dois ***processos articulares inferiores*** articulam-se com a vértebra abaixo dela. As superfícies articulares dos processos articulares são referidas ***faces***.

Figura 6.15 Vértebra típica conforme ilustrado por uma vértebra torácica.

Uma vértebra consiste de um corpo, arco vertebral e vários processos.

Quais são as funções dos forames vertebral e intervertebral?

Região Cervical

As vértebras são numeradas por região, de cima para baixo. Existem sete ***vértebras cervicais*** (CI-CVII). Os processos espinhosos da segunda à sexta vértebras cervicais freqüentemente são *bífidos*, isto é, com uma fenda (Figura 6.16). Todas as vértebras cervicais possuem três forames: um forame vertebral e dois forames transversários. Cada processo transverso cervical contém um ***forame transversário***, através do qual passam os vasos sangüíneos e os nervos.

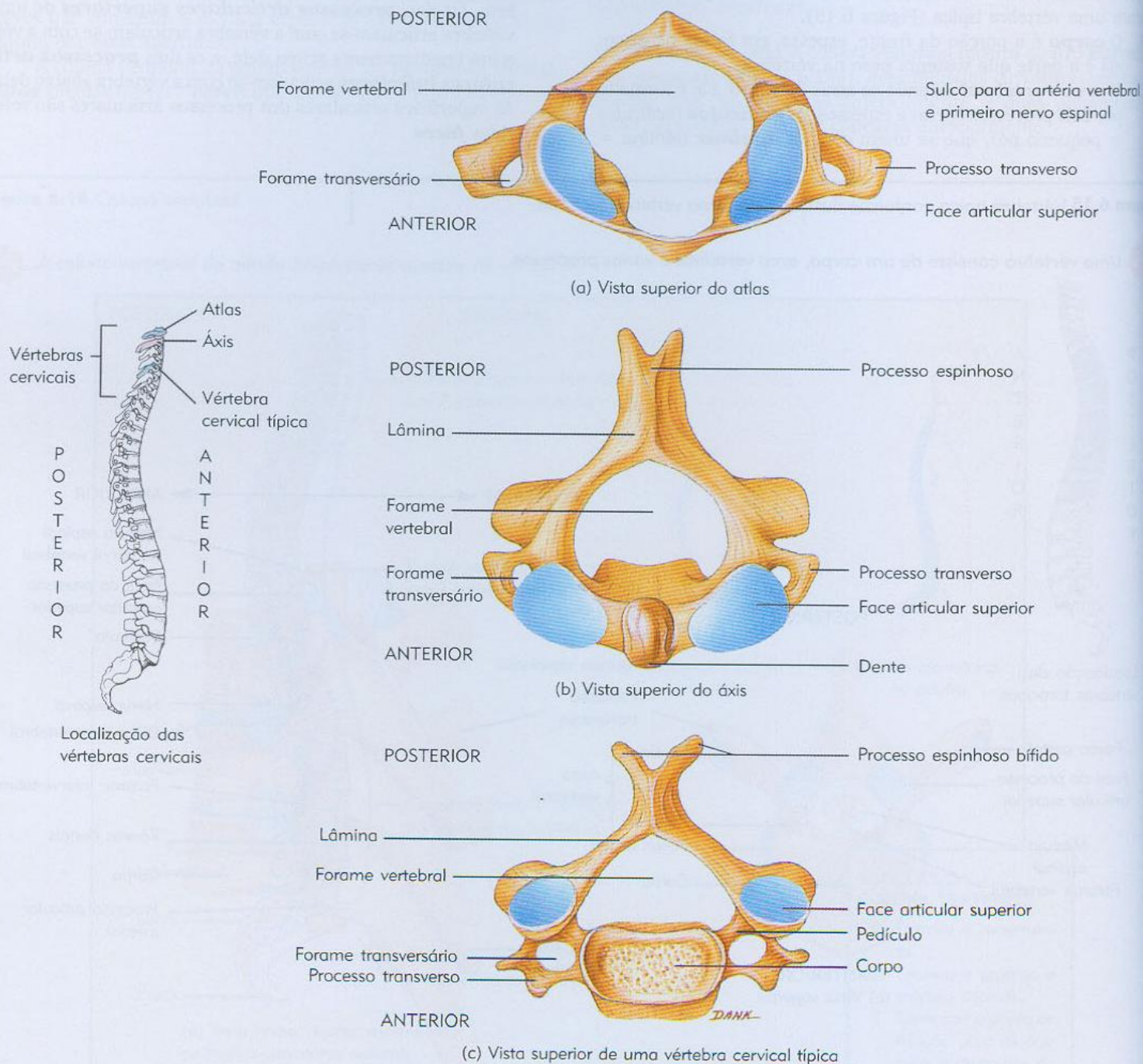
As duas primeiras vértebras cervicais diferem consideravelmente das outras. A primeira vértebra cervical (CI), o atlas, recebe este nome devido à sustentação da cabeça. Ela não tem corpo nem processo espinhoso. A superfície superior contém ***faces articulares superiores*** que se articulam com o osso occipital. Esta a

Figura 6.16 Vértebras cervicais.

As vértebras cervicais são encontradas na região do pescoço.

(a) Vista superior do atlas

(b) Vista superior do áxis

(c) Vista superior de uma vértebra cervical típica

P *Que ossos permitem o movimento da cabeça para dizer "não"?*

ticulação permite a você mover a cabeça para cima e para baixo. A superfície inferior contém as ***faces articulares inferiores*** que se articulam com a segunda vértebra cervical.

A segunda vértebra cervical (CII), o ***áxis,*** possui um corpo. Um processo com forma de estaca, denominado **dente,** projeta-se através do anel do atlas. O dente constitui um pivô no qual o atlas e a cabeça fazem rotação. Este arranjo permite o movimento da cabeça de um lado a outro.

A terceira a sexta vértebras cervicais (CIII-CVI) são similares à vértebra cervical típica descrita anteriormente.

A sétima cervical (CVII), denominada ***vértebra proeminente,*** é um pouco diferente. Ela é marcada por um grande processo espinhoso que pode ser visto e palpado na base da nuca.

Região Torácica

As vértebras torácicas (TI-TXII) são consideravelmente maiores e mais fortes do que as vértebras cervicais. As vértebras torácicas possuem superfícies denominadas fóveas, para articularem-se com as costelas (ver Figura 6.15).

Região Lombar

As vértebras lombares (LI-LV) são as maiores e mais fortes da coluna (Figura 6.17). Os processos espinhosos são bem adaptados para a fixação dos grandes músculos do dorso.

Sacro e Cóccix

O ***sacro*** é um osso triangular formado pela união de cinco vértebras sacrais. Estas são indicadas na Figura 6.18 como SI a SV. A fusão começa entre 16 e 18 anos de idade e usualmente está completa por volta dos 25 anos. O sacro serve como uma forte fundação para o cíngulo pélvico. Ele está posicionado na porção posterior da cavidade pélvica, entre os dois ossos do quadril.

Os lados anterior e posterior do sacro contêm quatro pares de ***forames sacrais***. Os nervos e os vasos sangüíneos passam através dos forames. O ***canal sacral*** é uma continuação do canal vertebral. A abertura inferior é denominada ***hiato sacral*** (*hiatus* = abertura). Os agentes anestésicos algumas vezes são injetados através do hiato durante o parto. A margem ântero-superior do sacro tem uma projeção, o ***promontório sacral***, que é usado como ponto de referência para medir a pelve antes do parto.

O **cóccix** também tem forma triangular e é formado pela fusão (usualmente entre 20 e 30 anos de idade) das vértebras coccígeas, usualmente as últimas quatro. Estas são indicadas na Figura 6.18 como Co1 a Co4. O cóccix se articula superiormente com o sacro.

Tórax

A porção esquelética do ***tórax*** é a caixa óssea formada pelo esterno, pelas cartilagens costais, pelas costelas e pelos corpos das vértebras torácicas (Figura 6.19). A caixa torácica envolve e protege os órgãos na cavidade torácica e sustenta os ossos do cíngulo peitoral e membros superiores.

Figura 6.17 Vértebra lombar.

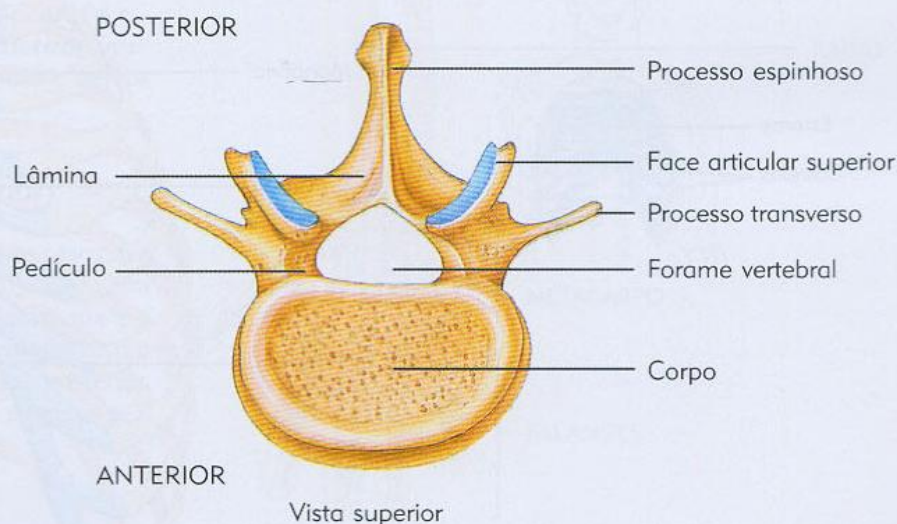
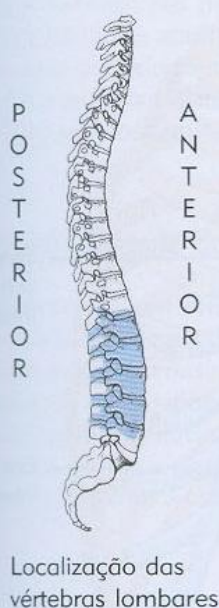
As vértebras lombares são encontradas na parte inferior do dorso.

Por que as vértebras lombares são as maiores e mais fortes na coluna vertebral?

Figura 6.18 Sacro e cóccix.

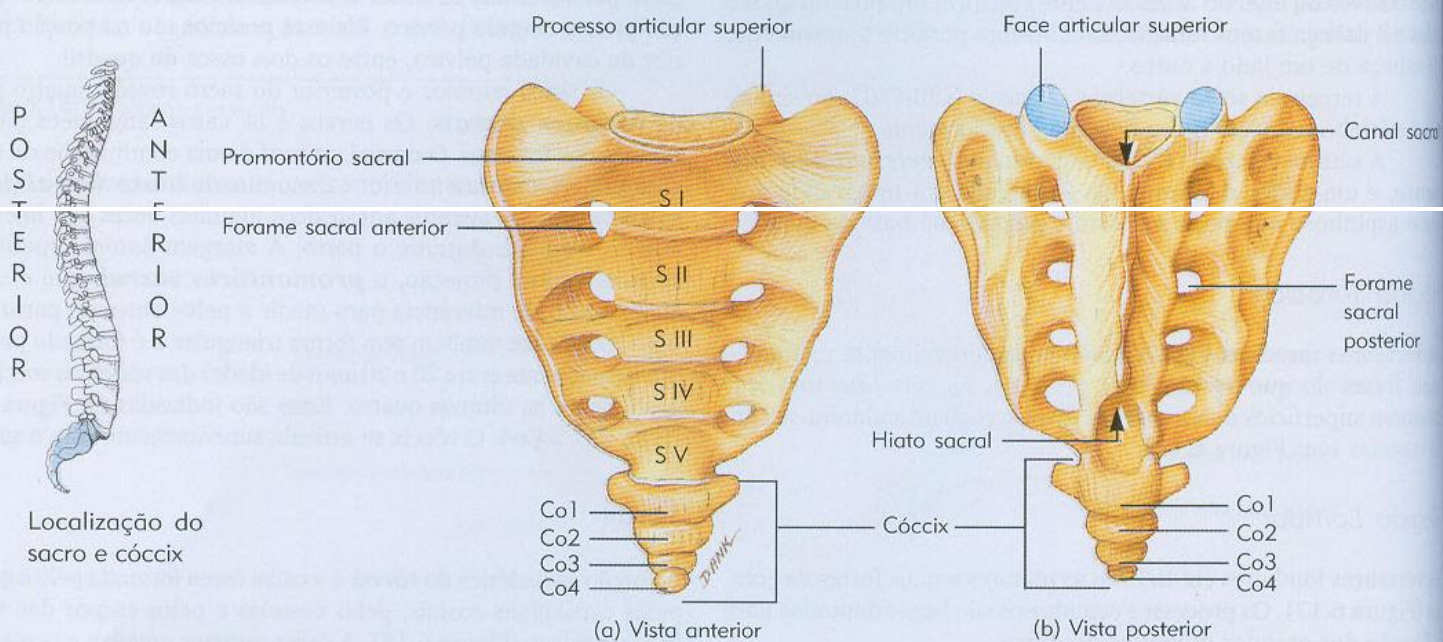
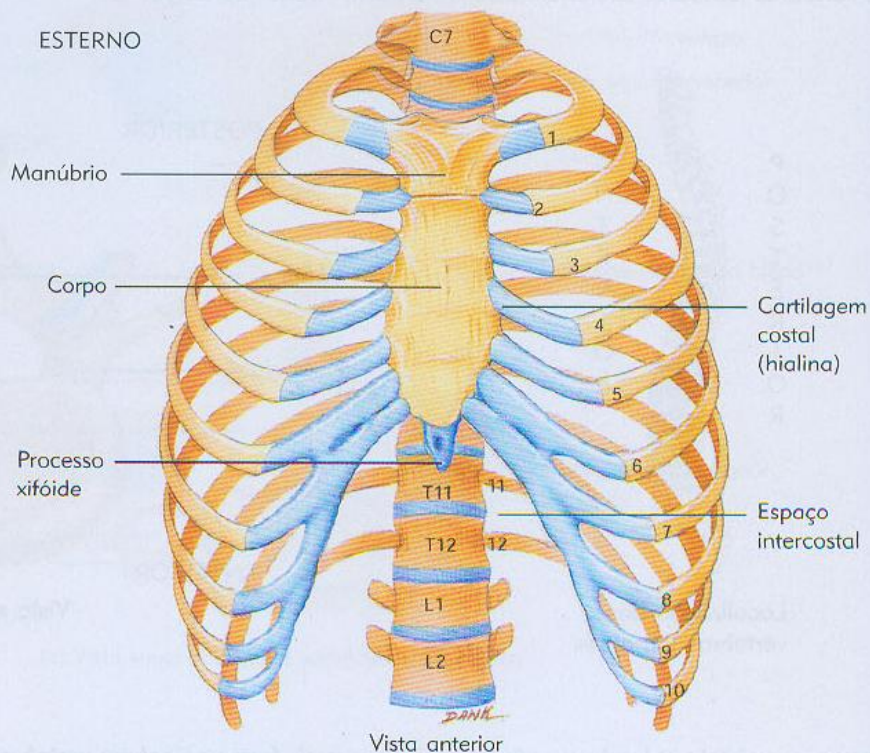
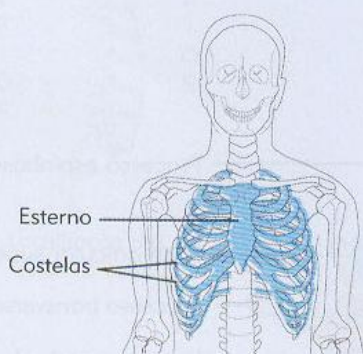
O sacro é formado pela união de cinco vértebras sacrais e o cóccix é formado pela união de quatro vértebras coccígeas usualmente.

P ***Qual a função dos forames?***

Figura 6.19 Esqueleto do tórax.

Os ossos do tórax envolvem e protegem os órgãos na cavidade torácica e na parte superior da cavidade abdominal.

P ***Quais são as costelas verdadeiras? E as espúrias (falsas)? E as flutuantes?***

Esterno

O **esterno** é um osso plano e estreito localizado no centro da parede torácica anterior.

O esterno (veja a Figura 6.19) é dividido no ***manúbrio*** (*manubrium* = manivela), a porção superior; o corpo, a porção média e maior; e o ***processo xifóide*** (*xiphos* = espada), a porção inferior e menor. O manúbrio articula-se com as clavículas e com a primeira e segunda costelas. O corpo do esterno articula-se direta ou indiretamente com a segunda a décima costelas. O processo xifóide não tem costelas ligadas a ele mas fornece fixação para alguns músculos abdominais. Se as mãos de um socorrista estiverem mal-posicionadas durante a ressuscitação cardiopulmonar (RCP), existe o risco de fraturar o processo xifóide e perfurar o fígado.

Uma vez que o esterno contém medula óssea vermelha ao longo da vida e porque é facilmente acessível e possui um osso compacto fino, é um local comum para retirada de medula para biópsia. Sob anestesia local, uma agulha de grosso calibre é introduzida na parte esponjosa do esterno para a aspiração de uma amostra de medula óssea vermelha. Este procedimento é denominado ***punção esternal***.

Costelas

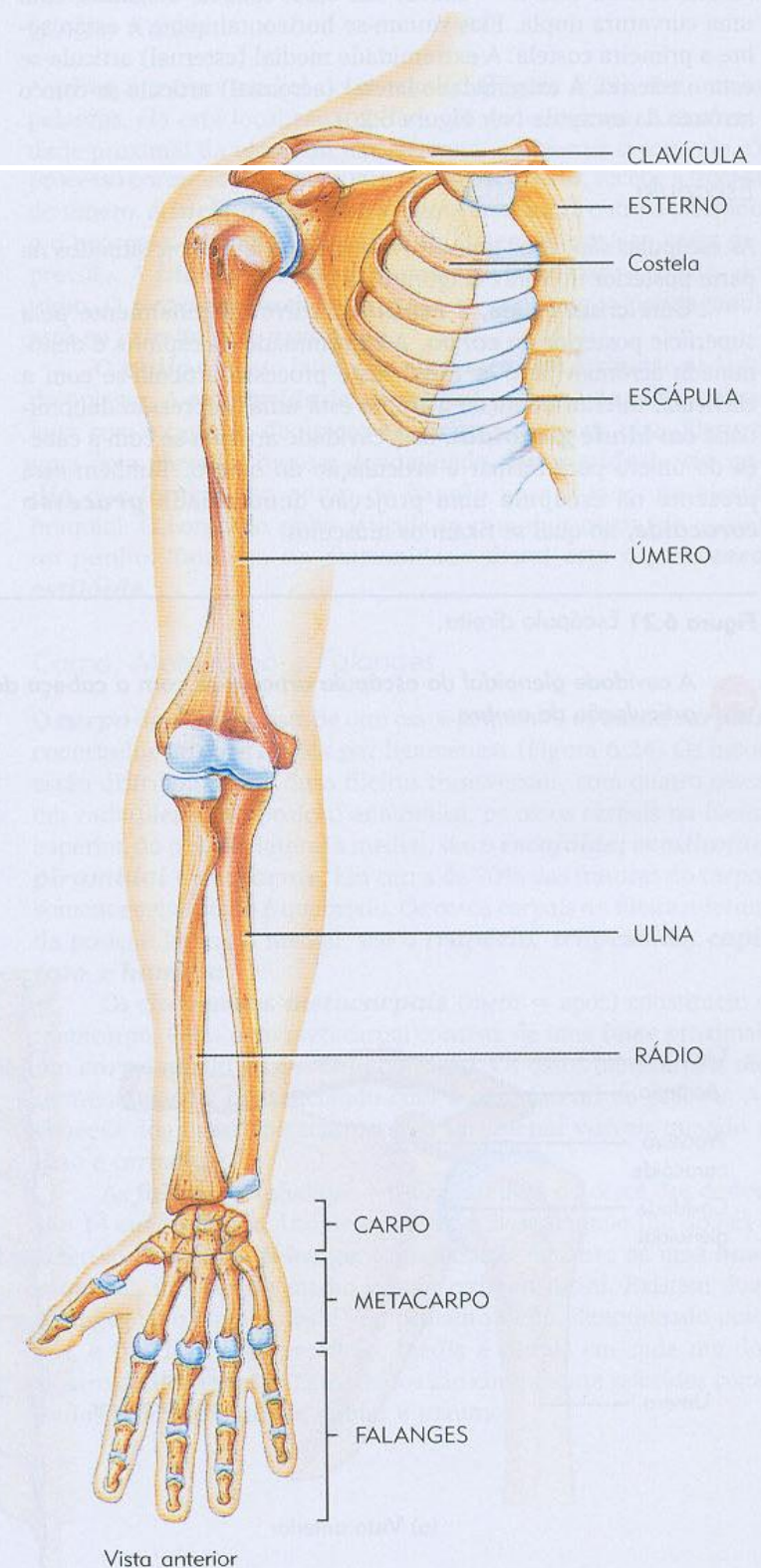
Doze pares de ***costelas*** compõem os lados da cavidade torácica (veja a Figura 6.19). As costelas aumentam em comprimento da primeira à sétima. Então, elas diminuem em comprimento até a décima-segunda costela. Cada costela articula-se posteriormente com sua vértebra torácica correspondente.

A primeira à sétima costelas possuem uma fixação anterior direta ao esterno por uma faixa de cartilagem hialina, denominada ***cartilagem costal***. Estas costelas são denominadas ***costelas verdadeiras***. Os cinco pares restantes são referidos como ***costelas espúrias*** (falsas), pois suas cartilagens costais não se fixam diretamente ao esterno ou nem mesmo se fixam. As cartilagens da oitava, nona e décima costelas fixam-se umas às outras e depois à cartilagem da sétima costela. A décima-primeira e décima-segunda costelas falsas também são denominadas ***costelas flutuantes***, pois suas extremidades anteriores não se fixam em nada; elas somente são fixadas posteriormente às vértebras torácicas. Os espaços entre as costelas, denominados ***espaços intercostais*** (*inter* = entre), são ocupados por músculos, vasos sangüíneos e nervos intercostais.

Cíngulo Peitoral (Cíngulo do Membro Superior)

O ***cíngulo peitoral*** ou do ***membro superior*** fixa os ossos dos membros superiores ao esqueleto axial (Figura 6.20). Cada um dos dois cíngulos peitorais consiste de dois ossos: a clavícula e a escápula. A clavícula é o componente anterior e articula-se com o esterno na articulação esternoclavicular. O componente posterior, a escápula, articula-se com a clavícula e o úmero. Os cíngulos peitorais não se articulam com a coluna vertebral.

Figura 6.20 Cíngulo peitoral direito (cíngulo do membro superior) e membro superior.

O cíngulo peitoral fixa os ossos do membro superior ao esqueleto axial.

Que ossos compõem o cíngulo peitoral?

Embora as articulações do ombro não sejam muito estáveis, elas são livremente móveis, permitindo, assim, o movimento em muitas direções.

Clavícula

As ***clavículas*** (clavis = chave) são ossos longos, delgados, com uma curvatura dupla. Elas situam-se horizontalmente e estão sobre a primeira costela. A extremidade medial (esternal) articula-se com o esterno. A extremidade lateral (acromial) articula-se com o acrômio da escápula (ver Figura 6.20).

Escápula

As escápulas são ossos grandes, triangulares e planos, situados na parte posterior do tórax (Figura 6.21).

Uma crista aguda, a ***espinha,*** corre diagonalmente pela superfície posterior do ***corpo***. A extremidade da espinha é denominada acrômio (acro = topo). Este processo articula-se com a clavícula. Inferiormente ao acrômio está uma depressão denominada ***cavidade glenoidal***. Esta cavidade articula-se com a cabeça do úmero para formar a articulação do ombro. Também está presente na escápula uma projeção denominada ***processo coracóide,*** ao qual se fixam os músculos.

Membro Superior

Objetivo: *Identificar os ossos do membro superior.*

Os ***membros superiores*** consistem de 60 ossos. O esqu leto do membro superior direito é mostrado na Figura 6.20. Cad membro superior inclui um úmero no braço, ulna e rádio no ant braço, carpo, metacarpo e falanges (ossos dos dedos), da mão.

Úmero

O úmero é o maior e mais longo osso do membro superior (Figu 6.22). Ele se articula com a escápula e no cotovelo com a ulna e rádio.

A extremidade proximal do úmero consiste de uma ***cabeç*** que se articula com a cavidade glenóide da escápula. Ela també tem um ***colo anatômico,*** que é uma depressão logo abaixo d cabeça.

O ***corpo*** do úmero contém uma área rugosa denominad ***tuberosidade para o músculo deltóide,*** que serve como pon de fixação para o músculo deltóide.

As seguintes partes são encontradas na extremidade dist do úmero. O capítulo, que significa cabeça pequena, é um protrusão esférica que se articula com a cabeça do rádio. A ***foss radial*** é uma depressão que recebe a cabeça do rádio quando

Figura 6.21 Escápula direita.

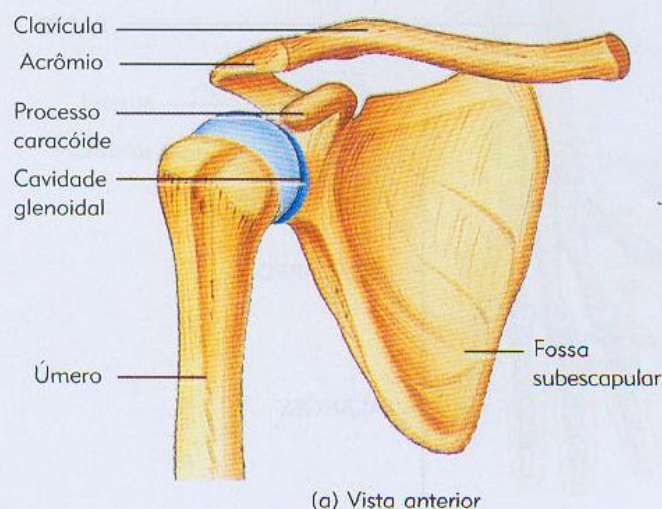
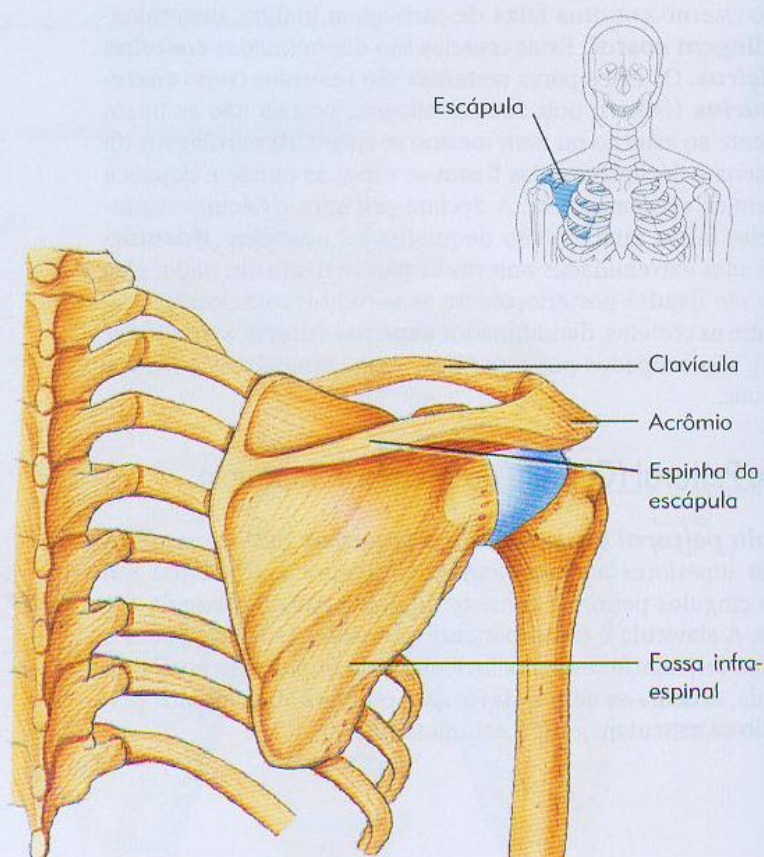
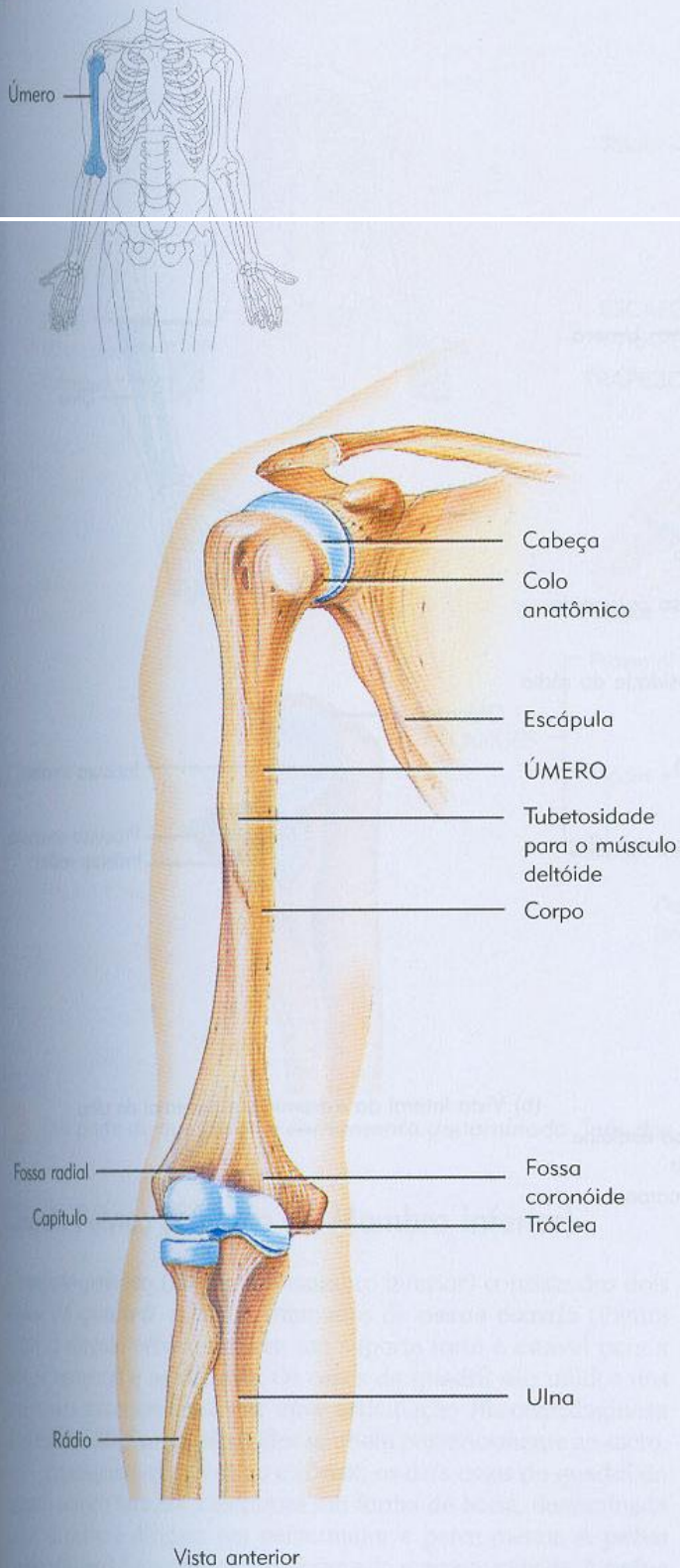
A cavidade glenoidal da escápula articula-se com a cabeça do úmero para formar a articulação do ombro.

Qual é o termo comum que usamos para a escápula?

Figura 6.22 Úmero direito em relação à escápula, à ulna e ao rádio.

O úmero é o maior e mais longo osso do membro superior.

Com que parte da escápula o úmero se articula?

antebraço é fletido (dobrado). A ***tróclea*** é uma superfície que se articula com a ulna. A ***fossa coronóidea*** (*porone* = em forma de coroa) é uma depressão que recebe parte da ulna quando o antebraço está fletido. A ***fossa do olécrano*** é uma depressão na parte posterior do osso que recebe o olécrano da ulna quando o antebraço está estendido (retificado).

Ulna e Rádio

A ***ulna*** é o osso medial do antebraço (Figura 6.23). Em outras palavras, ela está localizada no lado do dedo mínimo. A extremidade proximal da ulna tem um olécrano, que forma o cotovelo. O processo coronóide, em conjunto com o ***olécrano***, recebe a tróclea do úmero. A ***incisura troclear*** é uma área curva entre o olécrano e o processo coronóide. A tróclea do úmero encaixa-se nesta depressão. A ***incisura radial*** é uma depressão para a cabeça do rádio. O ***processo estilóide*** (*stilus* = instrumento pontiagudo) está na extremidade mais distal.

O **rádio** é o osso lateral do antebraço, isto é, situado no lado do polegar. A ***extremidade proximal*** (cabeça) do rádio articula-se com o capítulo do úmero e a incisura radial da ulna. Ele tem uma área elevada, rugosa, denominada ***tuberosidade do rádio*** que fornece um ponto de fixação para o músculo bíceps braquial. O corpo do rádio articula-se com dois ossos (do carpo) no punho. Também na extremidade distal está o ***processo estilóide***.

Carpo, Metacarpo e Falanges

O ***carpo*** da mão consiste de oito ossos pequenos, os ***ossos carpais*** conectados uns aos outros por ligamentos (Figura 6.24) Os ossos estão distribuídos em duas fileiras transversais, com quatro ossos em cada fileira. Na posição anatômica, os ossos carpais na fileira superior, da posição lateral à medial, são o ***escafóide; semilunar, piramidal*** e ***pisiforme***. Em cerca de 70% das fraturas do carpo, somente o escafóide é quebrado. Os ossos carpais na fileira inferior, da posição lateral à medial, são o ***trapézio, trapezóide, capitato e hamato***.

Os cinco ***ossos metacarpais*** (*meta* = após) constituem o metacarpo. Cada osso metacarpal consiste de uma ***base*** proximal, um ***corpo*** médio e uma ***cabeça*** distal. Os ossos metacarpais são numerados de I a V, iniciando com o osso lateral no polegar. As cabeças dos ossos metacarpais são facilmente visíveis quando a mão é cerrada.

As ***falanges*** (*phalanx* = muito unidos) ou ossos dos dedos, são 14 em cada mão. Um único osso do dedo da mão (ou do pé) é referido como uma ***falange***. Cada falange consiste de uma ***base*** proximal, um ***corpo*** médio e uma ***cabeça*** distal. Existem duas falanges (proximal e distal) no primeiro dedo, denominado polegar, e três falanges (proximal, média e distal) em cada um dos quatro dedos restante. Estes dedos são comumente referidos como dedos indicador, médio, anular e mínimo.

Figura 6.23 Ulna e rádio direitos em relação ao úmero e aos ossos carpais. A seta no destaque em (b) indica a direção em que a ulna é vista (lateral).

A ulna é o osso medial do antebraço e o rádio é o osso lateral.

Rádio
Ulna
Úmero
Capítulo
Tróclea
Processo coronóide
Tuberosidade do rádio
RÁDIO
Forames nutrícios
ULNA
Processo estilóide do rádio
Processo estilóide da ulna
Ossos carpais

(a) Vista anterior

Ulna
Olécrano
Incisura troclear
Processo coronóide
Incisura radial

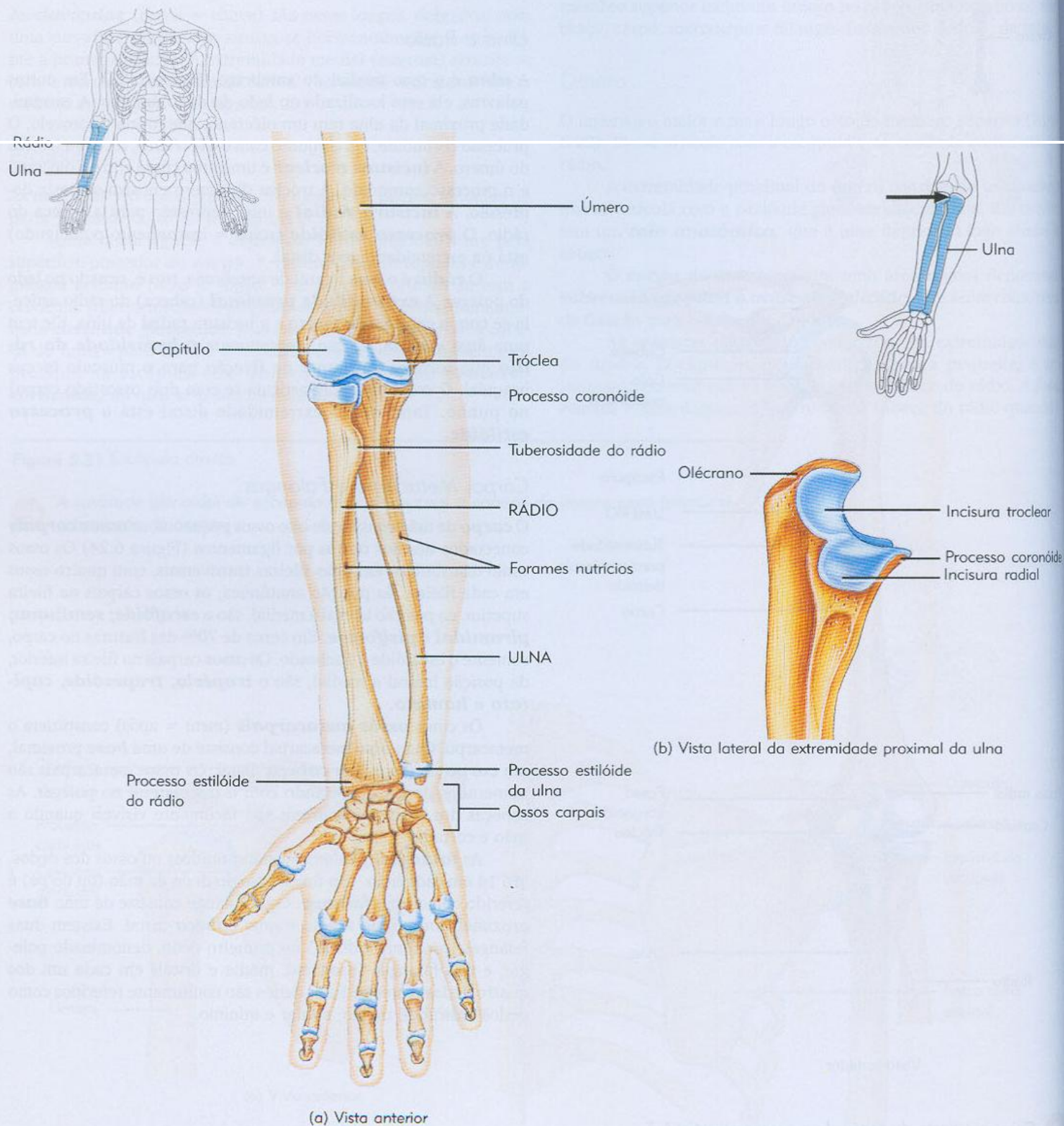
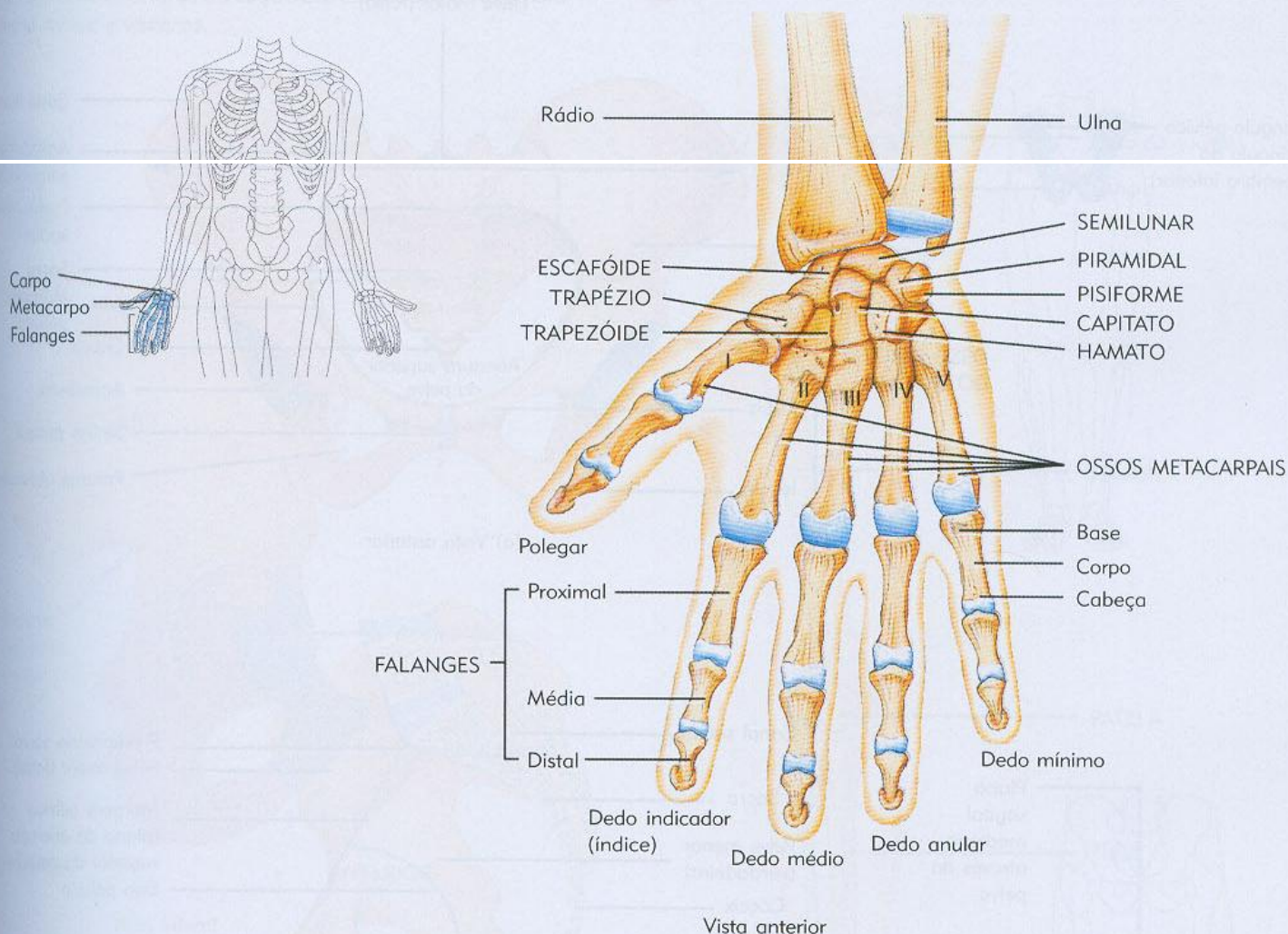
(b) Vista lateral da extremidade proximal da ulna

P *Qual parte da ulna é denominada cotovelo?*

Figura 6.24 Punho e mão direitos em relação à ulna e ao rádio.

O esqueleto da mão consiste dos ossos carpais, metacarpais e falanges.

Que parte de que ossos é comumente denominada "nós dos dedos"?

Cíngulo Pélvico (Cíngulo do Membro Inferior)

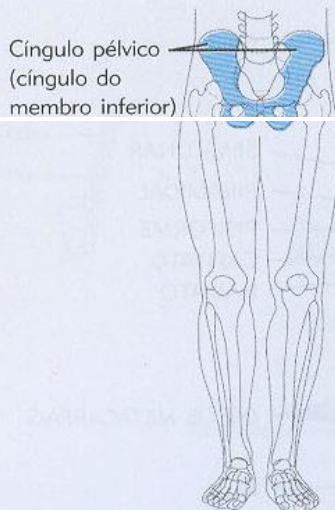
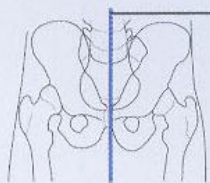
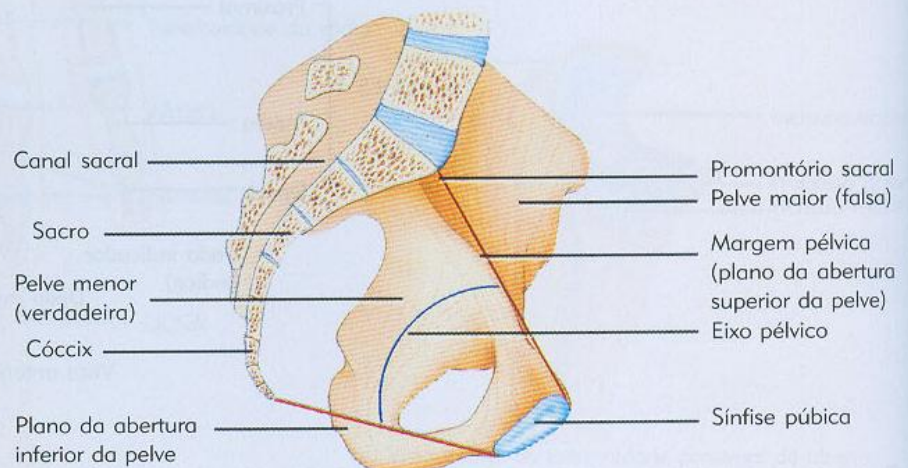
O ***cíngulo pélvico*** (cíngulo do membro inferior) consiste dos dois ***ossos do quadril***, também chamados de ***ossos coxais*** (Figura 6.25). O cíngulo pélvico fornece um suporte forte e estável para a coluna vertebral e as vísceras. Os ossos do quadril são unidos uns aos outros anteriormente em uma articulação fibrocartilaginosa denominada ***sínfise púbica***. Eles se unem posteriormente ao sacro.

Em conjunto com o sacro e cóccix, os dois ossos do quadril do cíngulo pélvico formam a estrutura em forma de bacia, denominada pelve. A pelve é dividida em pelve maior e pelve menor. A ***pelve maior (falsa)*** é a porção situada acima da margem pélvica. A ***pelve menor (verdadeira)*** é inferior à margem pélvica. A pelve menor contém uma abertura superior denominada ***abertura superior da pelve***, e uma abertura denominada ***abertura inferior da pelve***. A ***pelvimetria*** é a medida do tamanho da abertura superior da pelve e abertura inferior da pelve do canal do parto. O tamanho da cavidade pélvica nas mulheres é importante, pois o feto deve passar através da abertura mais estreita da pelve menor por ocasião do nascimento.

Cada um dos dois ***ossos do quadril*** de um recém-nascido consiste de um ***ílio***, significando flanco, um ***púbis***, significando pêlos pubianos, e um ***ísquio***, significando quadril (Figura 6.26 na p.129). Eventualmente, os três ossos separados fundem-se em um. A área de fusão é uma fossa (depressão) profunda e lateral denominada ***acetábulo*** (*acetabulum* = recipiente de vinagre), que serve como o soquete para a cabeça do fêmur. Embora os ossos do quadril adultos sejam ossos únicos, é comum discuti-los como se eles ainda consistissem de três porções.

O ílio é a maior das três subdivisões. Sua margem superior é denominada ***crista ilíaca***. Na superfície inferior, está a ***incisura isquiática maior***. O ísquio une-se com o púbis e, em conjunto, eles circundam o ***forame obturado***.

Figura 6.25 Cíngulo pélvico feminino (cíngulo do membro inferior).

Os ossos do quadril são unidos anteriormente na sínfise púbica e posteriormente no sacro.

Pelve maior (falsa)
Crista ilíaca
Articulação sacroilíaca
Promontório sacral
Sacro
Margem pélvica
Cóccix
Acetábulo
Sínfise púbica
Forame obturado
Cíngulo pélvico (cíngulo do membro inferior)
Ílio
OSSO DIREITO DO QUADRIL
Púbis
Ísquio
Abertura superior da pelve
(a) Vista anterior

Canal sacral
Sacro
Pelve menor (verdadeira)
Cóccix
Plano da abertura inferior da pelve
POSTERIOR
Plano sagital mediano através da pelve
Promontório sacral
Pelve maior (falsa)
Margem pélvica (plano da abertura superior da pelve)
Eixo pélvico
Sínfise púbica
(b) Corte sagital
ANTERIOR

Que parte da pelve circunda os órgãos pélvicos na cavidade pélvica?

Membro Inferior

Objetivo: *Identificar os ossos do membro inferior.*

Os ***membros inferiores*** são compostos de 60 ossos (Figura 6.27). Cada membro inclui o fêmur na coxa, a patela, a fíbula e a tíbia na perna, o tarso, o metatarso e as falanges (dedos) no pé.

Fêmur

O ***fêmur*** ou osso femoral é o mais longo e mais pesado osso do corpo (Figura 6.28 na p. 130). Sua extremidade proximal articula-se com o osso do quadril. Sua extremidade distal articula-se com a tíbia. O **corpo** do fêmur curva-se medialmente de modo que as articulações do joelho são trazidas mais próximo à linha de gravidade do corpo. A convergência é maior na mulher, pois a pelve feminina é mais larga.

A ***cabeça*** do fêmur articula-se com o acetábulo do osso do quadril. O **colo** do fêmur é uma região de constrição abaixo da cabeça. Uma fratura bastante comum em idosos ocorre no colo do fêmur. O colo pode tornar-se tão fraco que não consegue sustentar o corpo. O ***trocanter maior*** é uma projeção palpada e vista à frente da depressão no lado do quadril. Ele é usado como ponto de referência para uma injeção intramuscular.

Figura 6.26 Osso do quadril direito. As linhas de fusão do ílio, ísquio e do púbis nem sempre são visíveis em um osso adulto.

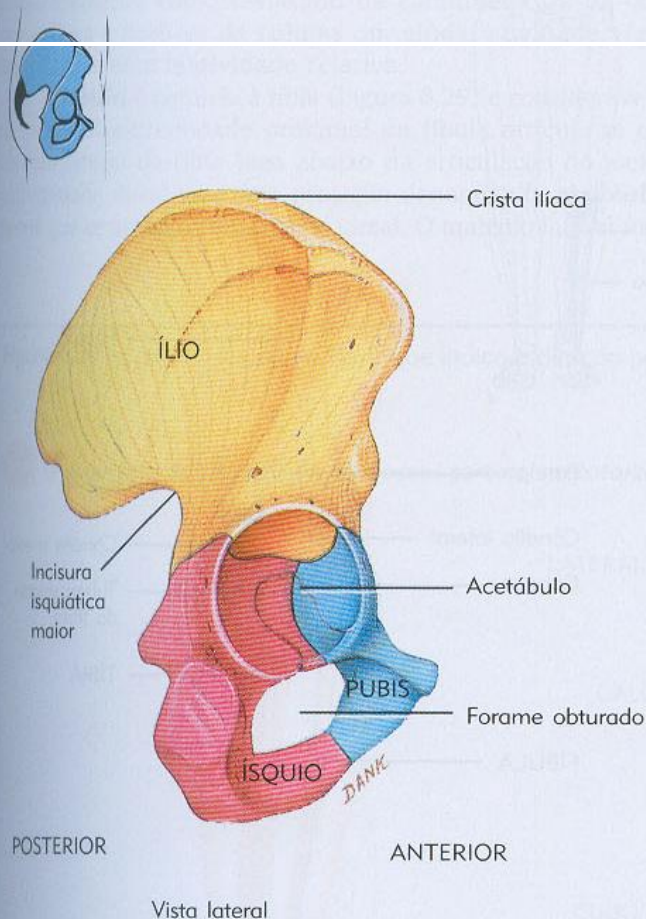
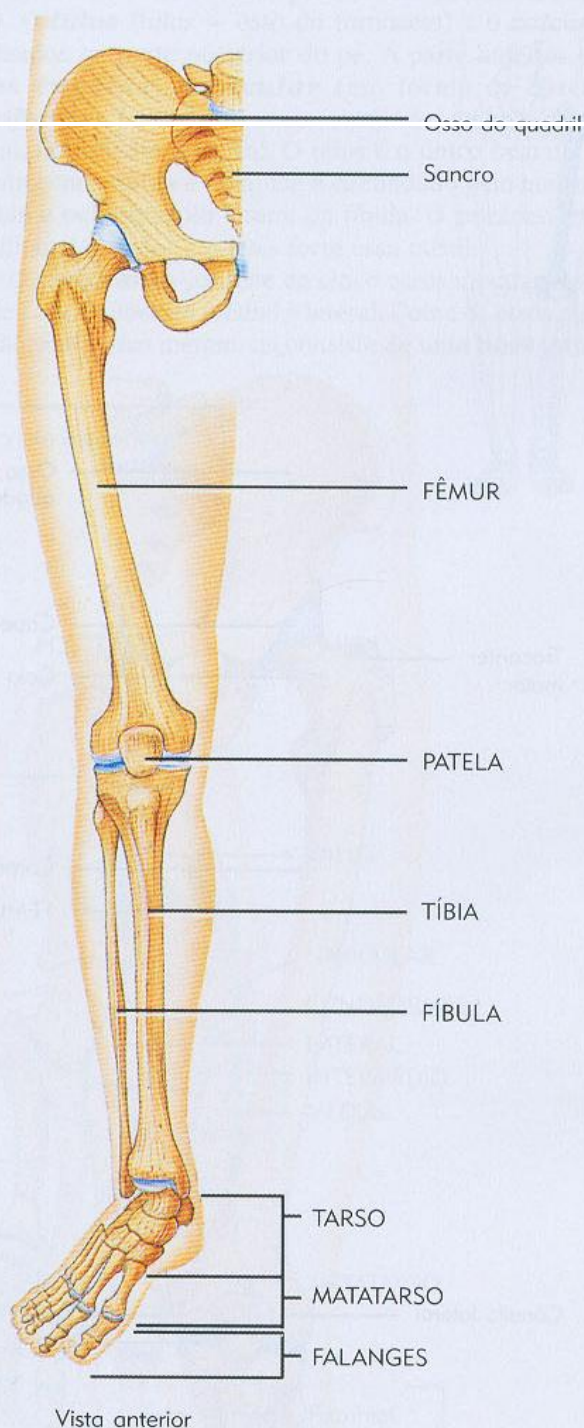
Os dois ossos do quadril formam o cíngulo pélvico, que fixa os membros inferiores ao esqueleto axial e sustenta a coluna vertebral e vísceras.

O acetábulo é o soquete para que osso?

Figura 6.27 Cíngulo pélvico direito (cíngulo do membro inferior) e membro inferior.

O cíngulo pélvico fixa o membro inferior ao esqueleto axial.

Que tipo de osso é a patela?

O corpo do fêmur contém uma crista rugosa vertical denominada ***linha áspera,*** que serve para fixar vários músculos femorais.

A extremidade distal do fêmur expande-se no ***côndilo medial*** e ***côndilo lateral,*** que se articulam com a tíbia. A ***face da patela*** está localizada entre os côndilos na superfície anterior.

Patela

A ***patela*** (pequena placa) é um osso pequeno, triangular na frente da articulação do joelho (ver Figura 6.27). Ele é um osso sesamóide, que se desenvolve no tendão do músculo quadríceps da coxa.

Tíbia e Fíbula

A ***tíbia*** é o maior osso medial da perna (Figura 6.29). Ela sustentao peso do corpo. A tíbia articula-se em sua extremidade proximal com o fêmur e a fíbula e, em sua extremidade distal, com a fíbula e o osso tálus tarsal.

A extremidade proximal da tíbia expande-se em um ***côndilo lateral*** e um ***côndilo medial,*** que se articulam com os côndilos do fêmur. A ***tuberosidade da tíbia*** é um ponto de fixação para o ligamento da patela.

Figura 6.28 Fêmur direito em relação ao osso do quadril, patela, tíbia e fíbula.

O acetábulo do osso do quadril e a cabeça do fêmur articulam-se para formar a articulação do quadril.

Fêmur

Osso do quadril

Cabeça

Trocanter maior

Colo

Corpo

FÊMUR

Côndilo lateral

Côndilo medial

Patela

Tíbia

Fíbula

Vista anterior

P *Com que osso a extremidade distal do fêmur se articula?*

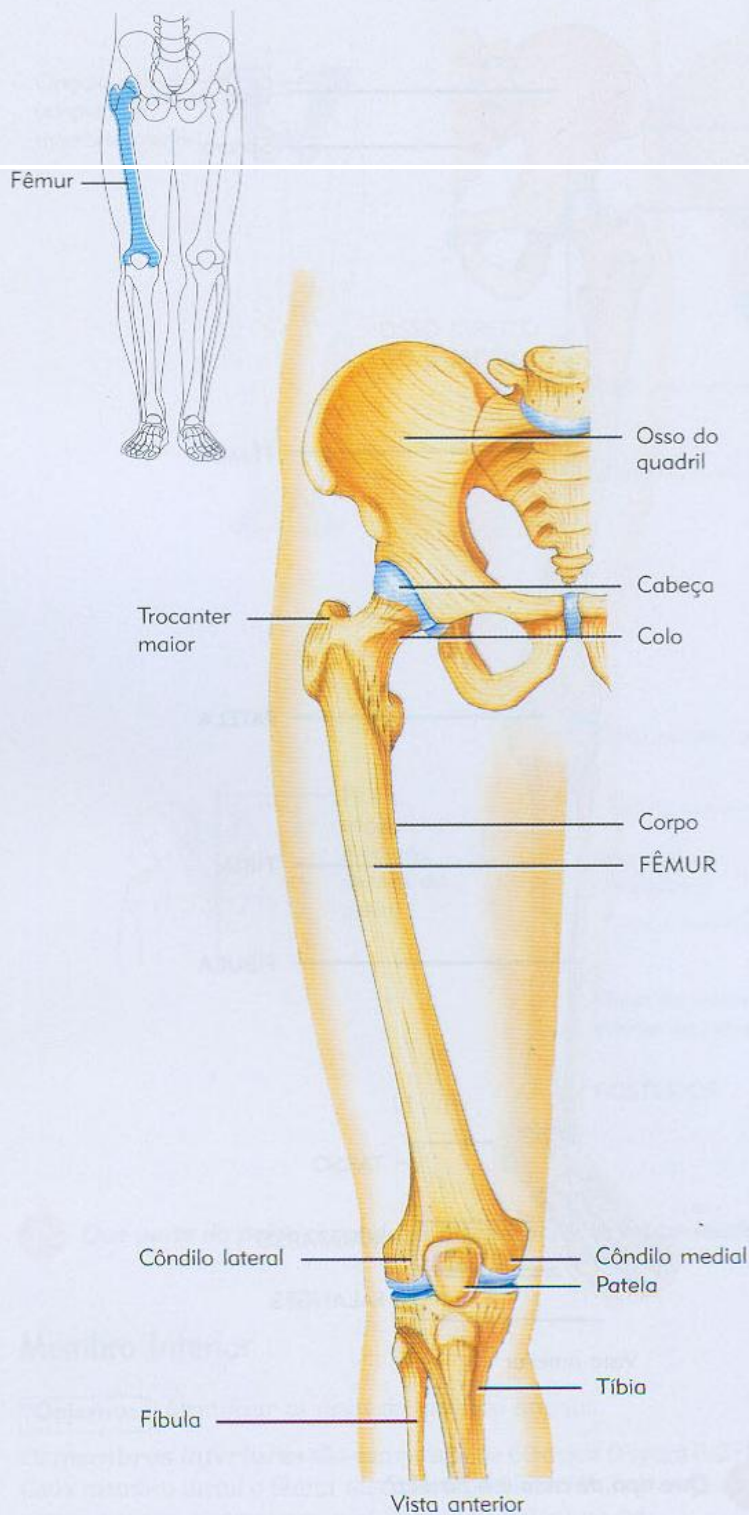
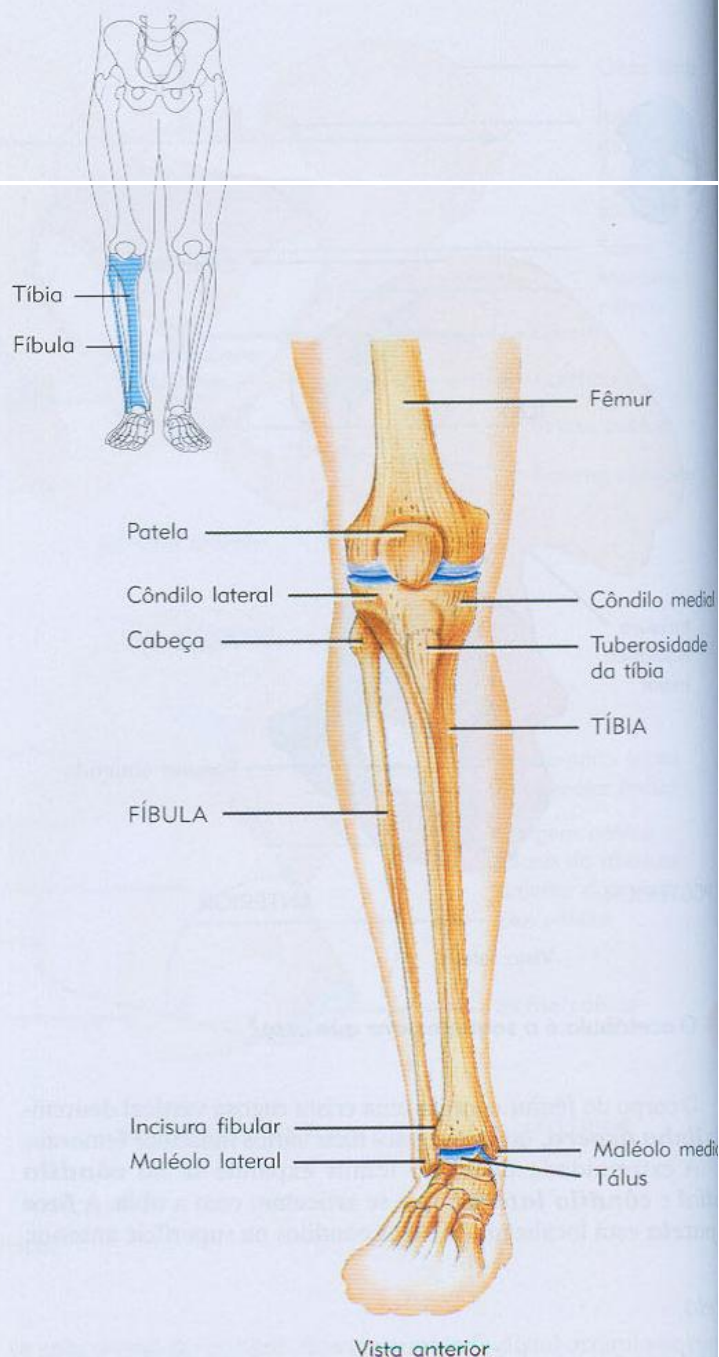



Figura 6.29 Tíbia e fíbula direitas em relação ao fêmur, à patela e tálus.

A tíbia articula-se com o fêmur e fíbula proximalmente, e a fíbula e tálus distalmente.

Vista anterior

P *Que osso da perna sustenta o peso do corpo?*

A superfície medial da extremidade distal da tíbia forma o ***maléolo medial*** (*maleus* = martelo pequeno), que se articula com o osso tálus tarsal e forma a elevação que pode ser palpada na superfície medial do tornozelo. A ***incisura fibular*** articula-se com a fíbula.

A ***sensibilidade*** ou dor junto à tíbia provavelmente é causada pela inflamação do periósteo desencadeada pela tração repetida dos músculos e dos tendões fixados no periósteo, freqüentemente como resultado da caminhada ou da corrida por aclives e declives de colinas ou, ainda, atividade vigorosa seguida por uma inatividade relativa.

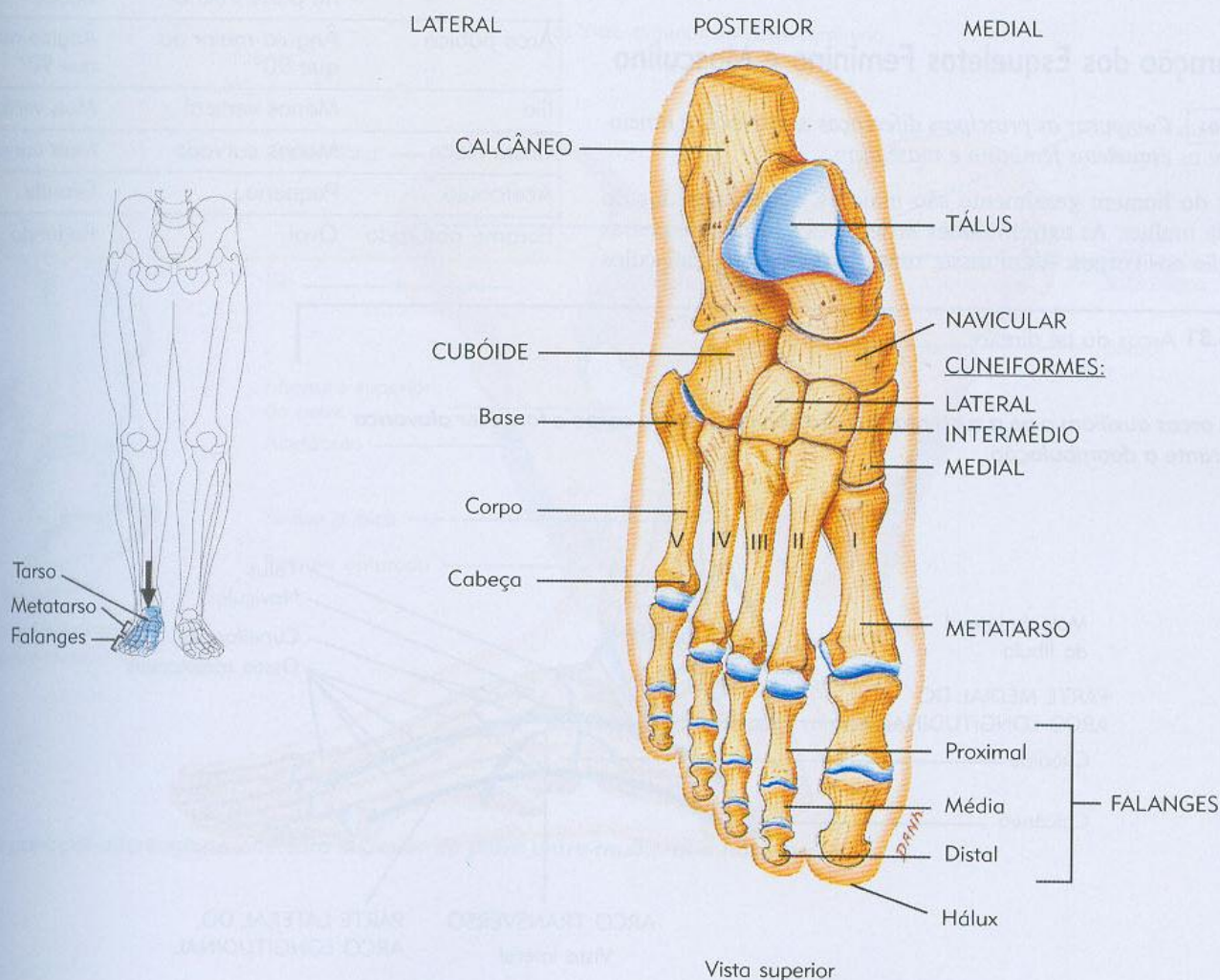
A ***fíbula*** é paralela à tíbia (Figura 6.29) e consideravelmente menor. A extremidade proximal da fíbula articula-se com o côndilo lateral da tíbia logo abaixo da articulação do joelho. A extremidade distal tem uma projeção denominada ***maléolo lateral*** que se articula com o tálus tarsal. O maléolo lateral forma a proeminência na superfície lateral do tornozelo. A porção inferior da fíbula também articula-se com a tíbia na incisura fibular.

Tarso, Metatarso e Falanges

O ***tarso*** é um termo coletivo para os sete ***ossos tarsais*** (Figura 6.30). O ***tálus*** (*talas* = osso do tornozelo) e o ***calcâneo*** estão localizados na parte posterior do pé. A parte anterior contém os ***ossos cubóide***, ***navicular*** (em forma de barco) e três ***cuneiformes*** (*cuneiform* = em forma de cunha), denominados medial, intermédio e lateral. O tálus é o único osso do pé que se articula com a fíbula e tíbia. Ele é circundado pelo maléolo medial da tíbia e pelo maléolo lateral da fíbula. O calcâneo, ou osso do calcanhar, é o maior e o mais forte osso tarsal.

O ***metatarso*** consiste de cinco ossos metatarsais, numerados de I a V da posição medial à lateral. Como os ossos metacarpais da mão, cada osso metatarsal consiste de uma ***base*** proximal, um

Figura 6.30 Pé direito. A seta no destaque indica a direção pela qual o pé é visto (superior).

O esqueleto do pé consiste dos ossos tarsais, metatarsais e falanges.

Qual osso tarsal se articula com a tíbia e a fíbula?

corpo médio e uma **cabeça** distal. O primeiro osso metatarsal é mais espesso que os demais, pois sustenta mais peso.

As **falanges** do pé lembram as da mão tanto em número quanto em distribuição. Cada uma também consiste de uma **base** proximal, um **corpo** médio e uma **cabeça** distal. O grande dedo ou **hálux** tem duas falanges grandes e pesadas (proximal e distal), enquanto os outros dedos do pé possuem três falanges cada (proximal, média e distal).

Arcos do Pé

Os ossos do pé estão distribuídos em dois **arcos** (Figura 6.31). Estes arcos permitem ao pé sustentar o peso do corpo e fornecer alavanca ao deambular. Os arcos não são rígidos. Eles curvam-se à medida que o peso é aplicado e retornam à posição quando o peso é retirado, ajudando, assim, a absorver choques.

O **arco longitudinal** corre da frente para trás do pé, do calcâneo às extremidades distais dos ossos metatarsais. Ele consiste de uma parte medial (interna) e uma lateral (externa). O **arco transverso** é formado pelo navicular, três cuneiformes e as extremidades proximais dos cinco ossos metatarsais.

Os ossos que compõe os arcos são mantidos em posição por ligamentos e tendões. Se esses ligamentos e tendões são enfraquecidos, a altura do arco longitudinal pode "cair". O resultado é o **pé plano**.

Comparação dos Esqueletos Feminino e Masculino

Objetivo: *Comparar as principais diferenças estruturais e funcionais entre os esqueletos feminino e masculino.*

Os ossos do homem geralmente são maiores e mais pesados do que os da mulher. As extremidades articulares são mais espessas em relação aos corpos. Além disso, uma vez que certos músculos do homem são maiores do que os da mulher, os pontos de fixação – tuberosidades, linhas, cristas – são maiores no esqueleto masculino.

Muitas diferenças estruturais significativas entre os esqueletos feminino e masculino ocorrem na pelve. A maioria são adaptações estruturais à gestação e parto. A pelve feminina fornece mais espaço na pelve menor (verdadeira), especialmente nas aberturas superior e inferior da pelve, para acomodar a passagem da cabeça do feto no nascimento. As diferenças típicas são listadas no Quadro 6.4 e ilustradas na Figura 6.32.

Quadro 6.4 Comparação de uma Pelve Típica Feminina e Masculina (veja a Figura 6.32)

PONTO DE COMPARAÇÃO	FEMININA	MASCULINA
Estrutura geral	Leve e fina	Pesada e espessa
Pelve maior (falsa)	Rasa	Profunda
Abertura superior da pelve	Maior e mais oval	Em forma de coração
Sacro	Curto, largo, plano, curvado para a frente na parte inferior	Longo, estreito, com uma leve concavidade
Arco púbico	Ângulo maior do que 90°	Ângulo menor do que 90°
Ílio	Menos vertical	Mais vertical
Crista ilíaca	Menos curvado	Mais curvado
Acetábulo	Pequeno	Grande
Forame obturado	Oval	Redondo

Figura 6.31 Arcos do pé direito.

Os arcos auxiliam o pé a sustentar e a distribuir o peso do corpo e fornecer alavanca durante a deambulação.

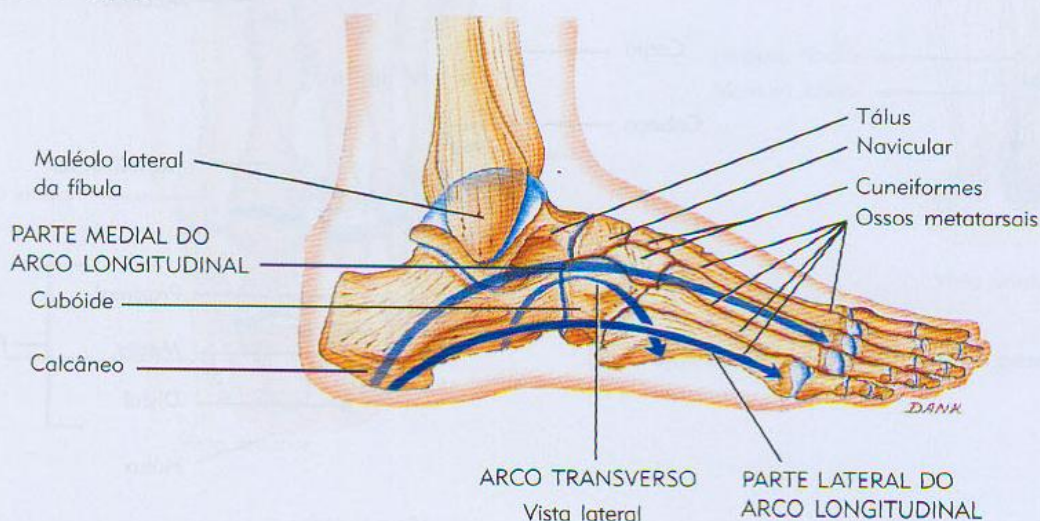
Vista lateral

P *Que aspecto estrutural dos arcos permite que eles absorvam choques?*

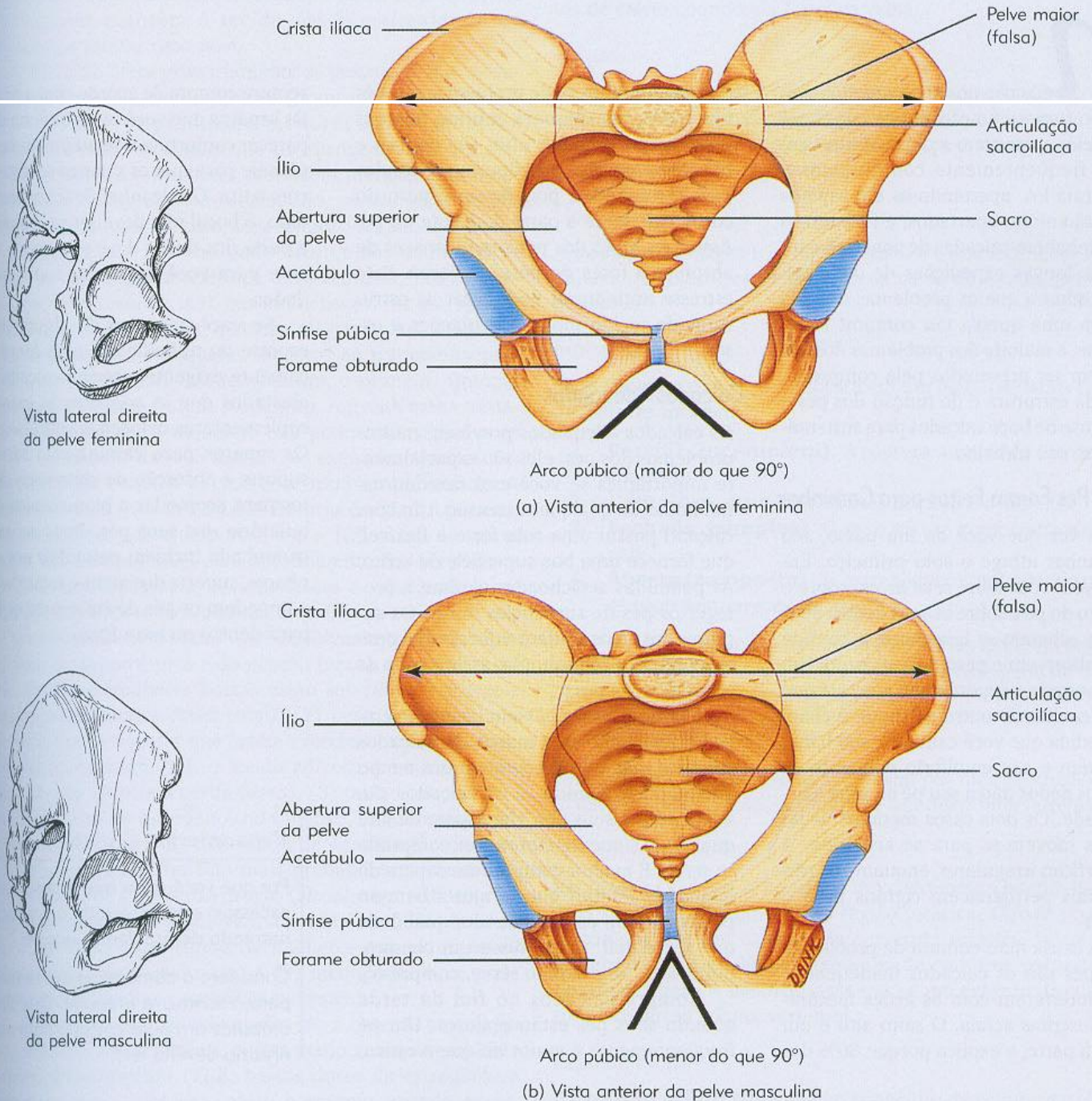
Figura 6.32 Comparação das pelves feminina e masculina.

Muitas adaptações estruturais da pelve feminina estão relacionadas à gestação e ao parto.

Vista lateral direita da pelve feminina

(a) Vista anterior da pelve feminina

Vista lateral direita da pelve masculina

(b) Vista anterior da pelve masculina

P ***Qual é a principal diferença na abertura superior da pelve entre mulheres e homens?***

foco no bem-estar

Etapas para Pés Saudáveis

Nós não nos preocupamos com a estrutura e a função de nossos pés até que eles comeceam a doer. Mesmo então, freqüentemente continuamos a maltratá-los, apertando-os em sapatos que são muito apertados, e fazendo-os caminhar em calçadas de concreto e realizar longas expedições de compras. Não admira que os problemas dos pés sejam uma queixa tão comum! Felizmente, a maioria dos problemas dos pés podem ser prevenidos pela compreensão da estrutura e da função dos pés e pelo uso de bons calçados para sustentá-los em seu trabalho.

Estes Pés Foram Feitos para Caminhar

Cada vez que você dá um passo, seu calcanhar atinge o solo primeiro. Então, você rola sobre seus arcos, sobre o centro do pé e sobre os seus dedos. Seus arcos achatam-se levemente à medida que absorvem o peso de seu corpo. Um pé continua a suportar seu peso até que o calcanhar do outro pé toque o chão. À medida que você caminha, seu hálux mantém o seu equilíbrio enquanto os outros dedos dão a seu pé alguma elasticidade. Os dois ossos metatarsais laterais movem-se para se acomodar a superfícies irregulares, enquanto os três mediais permanecem rígidos para o apoio.

A causa mais comum de problemas nos pés são os calçados inadequados que interferem com as ações mecânicas descritas acima. O salto alto é um caso à parte, e explica porque 80% das pessoas que sofrem de problemas nos pés são mulheres. Embora muitas pessoas pensem que os saltos altos são bonitos e bons de usar, eles não devem ser usados para caminhadas, pois fazem o peso do corpo cair sobre a parte da frente do pé. Assim, os arcos dos pés são incapazes de absorver a força do peso do corpo. Este estresse antinatural pode lesar as estruturas de tecido mole, articulações e ossos.

Calçados Adequados

Os calçados adequados previnem muitos problemas dos pés; eles são especialmente importantes se você está fazendo caminhadas de qualquer extensão. Um bom calçado possui uma sola forte e flexível, que fornece uma boa superfície de atrito. As palmilhas acolchoadas ajudam a proteger os pés de superfícies duras. Os suportes dos arcos ajudam a distribuir o peso em uma área mais ampla, assim como os arcos de seus pés.

Muitas pessoas passam bastante tempo pesquisando que marca de calçados comprar mas não despendem um tempo adequado avaliando se os calçados são adequados a seus pés. Um sapato de alta qualidade somente merece ser comprado se serve! É melhor comprar um sapato de qualidade inferior que se ajusta bem ao pé do que um calçado de alta qualidade que serve mal. Como disse um comprador ávido, "se o sapato serve, compre-o".

Compre calçados no fim da tarde quando seus pés estão maiores. Um pé freqüentemente é maior do que o outro; sempre compre de acordo com o pé maio Os sapatos que você experimentar deve parecer confortáveis imediatamente – nã planeje para que os sapatos se distendam com o uso. O calcanhar deve ser bem ajus tado, o bocal não deve ser muito aberto a parte dos dedos deve ser larga o sufic ente para você acomodar todos os seu dedos.

Se você participa de algum tipo d esporte ou trabalha em uma função fis camente exigente, escolha calçados bem ajustados que se adaptem às exigência suplementares colocadas sobre seus pé Os sapatos para caminhadas fornecem suporte e absorção de choques e são fe tos para acomodar a biomecânica deam bulatória dos seus pés. Bons sapatos d caminhada incluem palmilhas nos calc nhares, suporte dos arcos e solas flexívei e impedem os pés de rolar para os lado para dentro ou para fora.

Pensamento Crítico

Por que você acha que o peso corpor excessivo está associado a um risco a mentado de problemas nos pés?

Considere a caminhada em terreno á pero, rochoso e irregular. Que tipo atributos um bom calçado para mont nhismo deveria ter?

Doenças Comuns

Osteoporose

A ***osteoporose*** é um distúrbio caracterizado por uma diminuição da massa óssea e por um aumento de suscetibilidade às fraturas como resultado dos níveis diminuídos de estrógenos. Os estrógenos mantêm o tecido ósseo estimulando os osteoblastos a formar osso novo.

O distúrbio afeta primariamente as pessoas de meia-idade e idosas especialmente mulheres (brancas mais do que negras). As mulheres produzem menores quantidades de hormônios sexuais, especialmente os estrógenos, após a menopausa, e homens e mulheres produzem menores quantidades na idade avançada. Como resultado, os osteoblastos tornam-se menos ativos, e existe uma redução na massa óssea.

A osteoporose também pode ocorrer nos maratonistas masculinos cuja ingestão calórica é inadequada, nos adolescentes que se alimentam mal, nas mulheres jovens que sofrem de transtornos alimentares, pessoas alérgicas aos laticínios, mães amamentando e naqueles expostos ao tratamento prolongado com cortisona. Freqüentemente, o primeiro sintoma da osteoporose é uma fratura patológica. A massa óssea torna-se tão depletada que o esqueleto não pode mais suportar os estresses mecânicos da vida diária. Por exemplo, uma fratura de quadril pode resultar ao sentar-se muito rapidamente. A osteoporose causa mais de 250.000 fraturas de quadril por ano, e as complicações por osteoporose são a 12ª. causa de morte nos EUA. Ela é responsável pelo encolhimento das vértebras e perda de altura, corcundas, fraturas ósseas e considerável dor. A osteoporose afeta todo o sistema esquelético.

Os fatores de risco para o desenvolvimento da osteoporose, além do grupo étnico e do gênero (sexo), são (1) constituição física (as mulheres baixas estão sob maior risco pois possuem menos massa óssea total), (2) peso (mulheres magras, anoréticas e aquelas que fazem exercício excessivamente estão sob maior risco, pois o tecido adiposo é uma fonte do estrogênio que retarda a perda óssea), (3) tabagismo (o fumo diminui os níveis de estrógenos no sangue), (4) deficiência de cálcio ou má absorção, (5) deficiência de vitamina D, (6) exercício (pessoas sedentárias têm mais probabilidade de desenvolver perda óssea), (7) certas drogas (álcool, alguns diuréticos, cortisona e tetraciclina promovem a perda óssea), (8) história familiar de osteoporose (filhas de mulheres com osteoporose possuem massa óssea reduzida) e (9) menopausa (que pode ser prematura devido ao exercício excessivo).

A dieta e o exercício adequados são a base da prevenção da osteoporose. Nas mulheres, após a menopausa, a terapia de reposição do estrogênio (TRE; baixas doses de estrogênio e algumas vezes progesterona, outro hormônio sexual), suplementos de cálcio e exercícios de levantamento de peso auxiliam a prevenir ou retardar o desenvolvimento da osteoporose. O aspecto mais importante do tratamento é a prevenção. Uma ingesta adequada de cálcio e exercício no início da vida podem ser mais benéficos para uma mulher do que a TRE e suplementos de cálcio quando ela for mais velha.

Raquitismo

O ***raquitismo*** é uma deficiência de vitamina D em crianças na qual o corpo não absorve o cálcio e o fósforo. Como resultado, quando a criança caminha, o peso do corpo faz os ossos das pernas se arquearem.

Doença de Paget

A ***doença de Paget*** é o espessamento e o amolecimento irregulares dos ossos, especialmente os ossos do crânio, pelve e membros.

Fraturas

Uma ***fratura*** é qualquer ruptura em um osso. Os vários tipos de fraturas incluem:

1. **Parcial (incompleta)**. A ruptura através do osso é incompleta.
2. **Completa**. A ruptura através do osso é completa.
3. **Fechada (simples)**. O osso não se rompe através da pele.
4. **Aberta (composta)**. As extremidades rompidas do osso se protruem através da pele.

A recuperação do osso varia com vários fatores, como a extensão da fratura, a idade, a nutrição, a saúde geral do indivíduo e o tipo de tratamento recebido.

Hérnia de Disco

Uma ***hérnia de disco*** é caracterizada por uma protrusão do material interno, mole e elástico de um disco intervertebral.

Curvaturas Anormais

Escoliose (*scolio* = dobrado) é um curvamento lateral da coluna vertebral, usualmente na região torácica. ***Cifose*** (*kypho* = corcunda) é um exagero da curvatura torácica da coluna vertebral. A cifose leve é denominada "ombros redondos". ***Lordose*** (*lordo* = balançar para trás) é um exagero da curvatura lombar da coluna vertebral.

Espinha Bífida

A ***espinha bífida*** é um defeito congênito da coluna vertebral em que as lâminas falham em se unir na linha mediana.

Terminologia e Condições Médicas

Joanete Uma deformidade do hálux. Embora a condição possa ser hereditária, ela é tipicamente causada pelo uso de calçados muito apertados. A condição produz a inflamação das bolsas sinoviais (sacos cheios de líquido na articulação), esporões ósseos e calos.

Pé em garra Uma condição em que o arco longitudinal está anormalmente elevado. Ela freqüentemente é causada por um desequilíbrio muscular, como o que resulta da poliomielite.

Craniotomia (*cranium* = cabeça; *tome* = corte) Qualquer cirurgia que requeira o corte através dos ossos que circundam o cérebro.

Sarcoma osteogênico (*sarcoma* = tumor de tecido conjuntivo) Câncer ósseo que afeta primariamente os osteoblastos e ocorre mais freqüentemente nos ossos de adolescentes durante seu surto de crescimento; os locais mais comuns são as metáfises do fêmur, tíbia e úmero; as metástases ocorrem mais freqüentemente nos pulmões; o tratamento consiste de quimioterapia com múltiplas drogas e remoção do tumor maligno ou amputação do membro.

Osteomielite (*myelos* = medula) Inflamação de um osso, especialmente a medula, causada por um organismo patogênico, especialmente o *Staphylococcus aureus*.

Osteopenia (*penia* = pobreza) Massa óssea reduzida devido à diminuição na taxa da síntese óssea, até um nível insuficiente para compensar a perda óssea normal; qualquer redução na massa óssea abaixo do normal. Um exemplo é a osteoporose.

Resumo dos Estudos

Funções (p. 98)

1. O sistema esquelético consiste de todos os ossos unidos nas articulações e de cartilagem entre as articulações
2. As funções do sistema esquelético incluem sustentação, proteção, locomoção, armazenamento mineral, alojar tecido hemocitopoético e armazenamento de energia.

Tipos de Ossos (p. 98)

1. Com base na forma, os ossos são classificados como longo, curto, plano ou irregular.
2. Os ossos suturais são encontrados entre as suturas de certos ossos cranianos. Os ossos sesamóides desenvolvem-se nos tendões ou ligamentos. As patelas são ossos sesamóides.

Partes de Osso Longo (p. 98)

1. As partes de um osso longo incluem a diáfise (corpo), epífises (extremidades), metáfise, cartilagem articular, periósteo, cavidade medular (medula) e endósteo.
2. A diáfise é revestida por periósteo.

Histologia (p. 100)

1. O tecido ósseo consiste de células amplamente separadas, circundadas por grandes quantidades de matriz (substância intercelular). Os quatro tipos principais de células são as osteoprogenitoras, osteoblastos, osteócitos e osteoclastos. A matriz contém fibras colágenas (orgânico) e sais minerais, que consistem principalmente de fosfato de cálcio (inorgânico).
2. O tecido ósseo compacto (denso) consiste de osteonas (sistemas haversianos) com pouco espaço entre eles. O osso compacto situa-se sobre o osso esponjoso, e compõe a maior parte do tecido ósseo da diáfise. Funcionalmente, o osso compacto protege contra, suporta e resiste ao estresse.
3. O tecido ósseo esponjoso (canceloso) consiste de trabéculas circundando muitos espaços cheios de medula óssea vermelha. Ele constitui a maior parte da estrutura dos ossos curtos, planos e irregulares, e as epífises dos ossos longos. Funcionalmente, o osso esponjoso armazena alguma medula óssea vermelha e amarela, e fornece alguma sustentação.

Ossificação: Formação Óssea (p. 100)

1. O osso é formado por um processo denominado ossificação.
2. Os dois tipos de ossificação, intramembranosa e endocondral, envolvem a substituição de um tecido conjuntivo pré-existente por osso.
3. A ossificação intramembranosa ocorre dentro das membranas de tecido conjuntivo fibroso do embrião e adulto.
4. A ossificação endocondral ocorre dentro de um molde de cartilagem. O centro primário de ossificação de um osso longo está na diáfise. A cartilagem degenera-se, deixando cavidades que se fundem para formar a cavidade medular. Os osteoblastos depositam osso. A seguir, a ossificação ocorre nas epífises, onde o osso substitui a cartilagem, exceto na cartilagem articular e no disco epifisário.
5. Devido à atividade do disco epifisário, a diáfise de um osso aumenta em comprimento.
6. O osso cresce em diâmetro como resultado da adição de tecido ósseo novo em torno da superfície externa do osso.

Homeostase (p. 105)

1. A homeostase do crescimento e desenvolvimento ósseos depende de um equilíbrio entre a formação e a reabsorção dos ossos.
2. O osso velho é constantemente destruído pelos osteoclastos enquanto um osso novo é construído pelos osteoblastos. Este processo é denominado remodelação.
3. O crescimento normal depende de sais minerais (cálcio, fósforo, magnésio), vitaminas (D, C, A), e hormônios (hormônio de crescimento humano, hormônios sexuais, hormônios tireóideos, calcitonina e hormônio paratireóideo).
4. Sob estresse mecânico, o osso aumenta em massa.
5. Os ossos armazenam e liberam cálcio e fosfato. Isto é controlado pela calcitonina (CT) e hormônio da paratireóideo (PTH).
6. Quando colocado sob estresse mecânico, o tecido ósseo torna-se mais forte.

7. Os importantes estresses mecânicos resultam da tração dos músculos esqueléticos e da gravidade.
8. Com o envelhecimento, o osso perde cálcio e matriz orgânica.

Marcas Ósseas (Acidentes Ósseos) (p. 106)

1. Marcas ósseas (acidentes ósseos) são caraterísticas estruturais visíveis nas superfícies dos ossos.
2. Cada referência tem uma função específica – formação de articulação, fixação de um músculo ou passagem de nervos e vasos sangüíneos.

Divisões do Sistema Esquelético (p. 108)

1. O esqueleto axial consiste de ossos distribuídos ao longo do eixo longitudinal. As partes do esqueleto axial são o crânio, osso hióide, ossículos da audição, coluna vertebral, esterno e costelas.
2. O esqueleto apendicular consiste dos ossos dos cíngulos e dos membros superiores e inferiores (extremidades). As partes do esqueleto apendicular são cíngulo peitoral (ombro), ossos dos membros superiores, cíngulo pélvico (cíngulo do membro inferior) e ossos dos membros inferiores.

Crânio (p. 108)

1. O esqueleto cefálico consiste do crânio e ossos da face.
2. As suturas são articulações imóveis entre os ossos do crânio. Exemplos são as suturas coronal, sagital, lambdóide e escamosa.
3. Os oito ossos cranianos incluem o frontal (1), parietal (2), temporal (2), occipital (1), esfenóide (1) e etmóide (1).
4. Os 14 ossos faciais são o nasal (2), maxilas (2), zigomático (2), mandíbula (1), lacrimal (2), palatino (2), concha nasal inferior (2) e vômer (1).
5. Os seios paranasais são cavidades nos ossos do crânio que se comunicam com a cavidade nasal. Elas são revestidas por membranas mucosas. Os ossos cranianos que contêm seios paranasais são o frontal, o esfenóide, o etmóide e as maxilas.
6. Os fontículos são espaços preenchidos por membranas entre os ossos cranianos dos fetos e infantes. Os principais fontículos são o anterior, o posterior, os ântero-laterais e póstero-laterais.
7. Os forames dos ossos do crânio fornecem passagens para os nervos e vasos sangüíneos.

Osso Hióide (p. 116)

1. O hióide é um osso em forma de U que não se articula com nenhum outro osso.
2. Ele sustenta a língua e fornece fixação para alguns de seus músculos, bem como para alguns músculos do pescoço.

Coluna Vertebral (p. 118)

1. Os ossos da coluna vertebral do adulto são as vértebras cervicais (7), torácicas (12), lombares (5), o sacro (5, fundidas) e o cóccix (4, fundidas).
2. A coluna vertebral contém curvaturas normais que dão força, sustentação e equilíbrio.
3. As vértebras são similares em estrutura, cada uma consistindo de um corpo, arco vertebral e sete processos. As vértebras em diferentes regiões da coluna variam em tamanho, forma e detalhes.

Tórax (p. 121)

1. O esqueleto torácico consiste do esterno, costelas, cartilagens costais e vértebras torácicas.
2. A caixa torácica protege os órgãos vitais na área do tórax.

Cíngulo Peitoral (Cíngulo do Membro Superior) (p. 123)

1. Cada cíngulo peitoral (cíngulo do membro superior) consiste de uma clavícula e uma escápula.
2. Cada um fixa um membro superior ao tronco.

Membro Superior (p. 124)

1. Os ossos de cada membro superior incluem úmero, ulna, rádio, carpo, metacarpo e falanges.

Cíngulo Pélvico (Cíngulo do Membro Inferior) (p. 127)

1. A cíngulo pélvico (cíngulo do membro inferior) consiste dos dois ossos do quadril.
2. Ela fixa os membros inferiores ao tronco no sacro.
3. Cada osso do quadril consiste de três componentes fundidos: ílio, púbis e ísquio.

Membro Inferior (p. 128)

1. Os ossos de cada membro inferior incluem fêmur, patela, tíbia, fíbula, ossos tarsais, ossos metatarsais e falanges.
2. Os ossos do pé estão distribuídos em dois arcos, arco longitudinal e arco transverso, para fornecer sustentação e alavanca.

Comparação dos Esqueletos Feminino e Masculino (p. 132)

1. A pelve feminina é adaptada para a gestação e o parto. As diferenças na estrutura pélvica são listadas no Quadro 6.4.
2. Os ossos masculinos geralmente são maiores e mais pesados do que os femininos, e possuem referências anatômicas mais proeminentes para a fixação muscular.

Auto-avaliação

1. Qual das seguintes afirmativas sobre o sistema esquelético não é verdadeira? a. Os ossos armazenam cálcio e fósforo. b. A medula óssea amarela é o local de hematopoiese. c. Os músculos esqueléticos tracionam os ossos para produzir movimento. d. O esqueleto é a moldura do corpo. e. A medula óssea vermelha contém células sangüíneas imaturas.
2. Os ossos cujo comprimento é quase igual à sua largura, de modo que sua forma lembra a de um cubo, são denominados a. ossos suturais b. ossos planos c. ossos irregulares d. ossos curtos e. ossos sesamóides

3. A membrana composta de tecido conjuntivo denso irregular que recobre o osso é denominada a. endósteo b. osteona c. pericôndrio d. periósteo e. lamela
4. A célula que atua na reabsorção óssea é a. osteoblasto b. osteoclasto c. osteócito d. osteoprogenitor e. osteoporócito
5. Qual dos seguintes NÃO ficam juntos? a. osso esponjoso – trabéculas b. osso esponjoso – medula óssea vermelha c. osso compacto – diáfise d. osso canceloso – osteona e. osso esponjoso – osteócitos
6. Uma abertura através da qual passam vasos sangüíneos, nervos ou ligamentos é denominada a. faceta b. fossa c. forame d. meato e. côndilo
7. Coloque os estágios da ossificação endocondral na ordem adequada: 1. O centro primário de ossificação surge na diáfise. 2. A cartilagem degenera, criando uma cavidade. 3. A ossificação ocorre nas epífises. 4. Os osteoblastos depositam osso no centro primário de ossificação. 5. Um molde de cartilagem é formado. a. 5, 1, 2, 4, 3 b. 1, 5, 4, 3, 2 c. 5, 2, 4, 1, 3 d. 4, 3, 1, 5, 2 e. 3, 1, 4, 5, 2
8. A força e a formação ósseas são estimuladas por todos os seguintes, exceto: a. hormônio paratireóideo b. vitamina D c. cálcio e fósforo d. hormônio do crescimento humano e. estresse mecânico
9. As costelas articulam-se com: a. vértebras torácicas b. sacro c. vértebras cervicais d. vértebras lombares e. atlas e axis
10. Combine os seguintes:

____ a. corre no sentido do comprimento do osso	A. lamelas
____ b. conecta os canais centrais com as lacunas	B. lacunas
____ c. anéis concêntricos de matriz	C. canal perfurante (de Volkmann)
____ d. conecta as artérias nutrícios e nervos do periósteo aos canais centrais (haversianos)	D. canalículos
____ e. espaços que contêm osteócitos	E. canal central (haversiano)

11. Alguns ossos possuem regiões ou características anatômicas distintas. Qual dos seguintes ossos está incorretamente pareado com sua região ou característica. a. osso occipital – forame magno b. áxis (C2) – dente c. osso do quadril (osso pélvico) – acetábulo d. esterno – processo xifóide e. úmero – olécrano
12. Para cada um dos seguintes ossos, marque com um AX na lacuna se ele pertence ao esqueleto axial, e com um AP se ele é parte do esqueleto apendicular.

____ a. ossos lacrimais	____ p. fíbula
____ b. clavícula	____ q. palatino
____ c. rádio	____ r. hióide
____ d. mandíbula	____ s. tíbia
____ e. patela	____ t. esfenóide
____ f. carpo	____ u. vértebras
____ g. escápula	____ v. ossos do quadril
____ h. esterno	____ w. maxila
____ i. falanges	____ x. frontal
____ j. tarso	____ y. concha nasal inferior
____ k. etmóide	____ z. úmero
____ l. metatarso	____ aa. ulna
____ m. temporal	____ bb. fêmur
____ n. metacarpal	____ cc. costelas
____ o. vômer	____ dd. occipital

13. Correlacione o osso à sua forma:

a. úmero	A. plano
b. carpo	B. irregular
c. vértebras	C. longo
d. patela	D. sesamóide
e. esterno	E. curto

Aplicação do Pensamento Crítico

1. Enquanto investigava seu novo irmãozinho, uma menina de 4 anos descobriu uma área mole no crânio do bebê, e anunciou que o bebê deve voltar, pois "não está pronto ainda". Explique a presença de áreas moles no infante e sua ossificação posterior.
2. Brutus erra o saco de treinamento de boxe e bate com seu punho em uma parede de tijolos. O médico diz que Brutus fraturou as cabeças dos ossos metacarpais II a IV. Descreva a localização das fraturas em termos leigos e explique brevemente o processo de cura.
3. Um menino é a criança de estatura mais baixa de sua classe. O pediatra verifica que sua altura é menor do que o percentil 5 na tabela para seu grupo etário. Que exames laboratoriais e outras informações o pediatra pode necessitar para diagnosticar sua condição?
4. A clavícula é freqüentemente fraturada em quedas. Trace a rota da força de uma queda, do impacto inicial na mão até a clavícula, nomeando todos os ossos envolvidos.
5. Uma pessoa muito acima do peso pode ter problemas para deambular devido aos efeitos do peso adicional sobre a coluna vertebral e articulações das extremidades inferiores. Discuta algumas localizações onde os problemas podem se desenvolver.
6. Linda, uma sedentária de 55 anos que fuma intensamente, deseja perder 25 quilos antes da sua próxima reunião de turma. Sua dieta consiste principalmente de refrigerante dietético e biscoitos. Explique os efeitos da sua idade e estilo de vida sobre a sua composição óssea.

Respostas às Perguntas das Figuras

6.1 Cartilagem articular; medula óssea vermelha; diáfise; endósteo

6.2 Uma vez que os canais centrais são o principal suprimento sangüíneo dos osteócitos de uma osteona, seu bloqueio levaria à morte dos osteócitos.

6.3 Ossos planos do crânio, mandíbula (osso inferior da boca) e clavículas.

6.4 Linha epifisária.

6.5 Batimentos cardíacos, respiração, funcionamento das células nervosas, funcionamento das enzimas e coagulação do sangue, para citar apenas alguns.

6.6 Esqueleto axial: crânio, coluna vertebral; esqueleto apendicular: clavícula, cíngulo peitoral, úmero, cíngulo pélvico, fêmur.

6.7 Frontal, parietal, temporal, occipital, esfenóide e etmóide.

6.8 Forame magno.

6.9 Crista *galli*, frontal, parietal, temporal, occipital, temporal, parietal, frontal, crista *galli*.

6.10 Lâmina perpendicular.

6.11 Maxilas e ossos palatinos.

6.12 Produzem muco e servem como câmaras de ressonância para a vocalização.

6.13 Fontículo ântero-lateral (esfenoidal).

6.14 Curvaturas torácica e sacral.

6.15 O forame vertebral envolve a medula espinhal enquanto os forames intervertebrais fornecem espaços para os nervos espinhais saírem da coluna vertebral.

6.16 Atlas e áxis.

6.17 O peso corporal sustentado pelas vértebras aumenta em direção à extremidade inferior da coluna vertebral.

6.18 Elas são passagens para os vasos sangüíneos e nervos.

6.19 Costelas verdadeiras (pares 1-7), costelas (falsas) (pares 8-12) e costelas flutuantes (pares 11 e 12).

6.20 Clavícula e escápula.

6.21 Escápula.

6.22 Cavidade glenóide.

6.23 Olécrano.

6.24 Cabeças dos ossos metacarpais.

6.25 Pelve menor.

6.26 Fêmur.

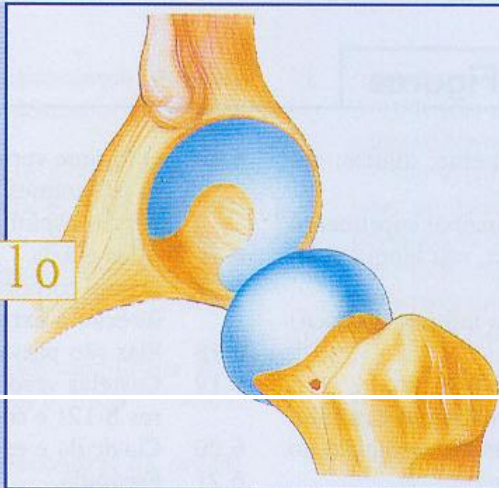
6.27 Osso sesamóide.

6.28 Tíbia.

6.29 Tíbia.

6.30 Tálus.

6.31 Elas são não rígidas, dobrando-se quando o peso é aplicado e retornando quando o peso é removido.

6.32 Maior e mais oval em mulheres e em forma de coração nos homens.

objetivos do aprendizado

1. Definir uma articulação (juntura) e descrever como a estrutura de uma articulação determina sua função.
2. Descrever a estrutura de uma diartrose típica.
3. Descrever os tipos de diartroses e os movimentos que ocorrem em cada uma.
4. Descrever vários movimentos especiais que ocorrem nas diartroses.

7 AS ARTICULAÇÕES

uma visão geral

Os ossos são muito rígidos para curvar-se sem que sejam lesados. Felizmente, o tecido conjuntivo flexível forma articulações que mantém os ossos juntos enquanto permite algum grau de movimento, na maior parte dos casos. Uma vez que a maioria dos movimentos do corpo ocorre nas articulações, você pode apreciar sua importância se imaginar como um gesso na articulação do joelho dificulta a deambulação, ou como uma tala no dedo limita a capacidade de manipular objetos pequenos. Umas poucas articulações não permitem qualquer movimento, mas fornecem um grau maior de proteção.

Articulações

Objetivo: *Definir uma articulação (juntura) e descrever como a estrutura de uma articulação determina sua função.*

Uma ***articulação*** é um ponto de contato entre os ossos, entre a cartilagem e os ossos, ou entre os dentes e os ossos. Quando dizemos que um osso se articula com outro osso, isto significa que um osso forma uma juntura com outro osso. O estudo científico das articulações é referido como artrologia (*arthro* = articulação; *logos* = estudo de).

A estrutura da juntura determina como ela funciona. Algumas articulações não permitem movimento, outras permitem um movimento leve, e outras ainda permitem um movimento bastante livre. Em geral, quanto mais ajustada no ponto de contato, mais forte a articulação. Nas articulações muito apertadas, porém, o movimento é restrito. Quanto mais frouxas, maior o movimento, mas as articulações frouxamente ajustadas possuem uma tendência ao deslocamento. O movimento nas articulações também é determinado pela (1) forma dos ossos que se articulam, (2) pela flexibilidade (tensão) do tecido conjuntivo que mantém os ossos unidos e (3) pela posição dos ligamentos, dos músculos e dos tendões associados. A flexibilidade da articulação também pode ser afetada por hormônios. Por exemplo, a relaxina, um hormônio produzido pela placenta e pelos ovários, relaxa a sínfise púbica e os ligamentos entre o sacro, o osso do quadril e o cóccix no final da gestação, o que auxilia o parto.

Classificação das Articulações

As articulações podem ser categorizadas em classes estruturais, com base nas características anatômicas, ou classes funcionais, com base no tipo de movimento que elas permitem.

Classificação Estrutural

A classificação estrutural das articulações baseia-se na presença ou na ausência de um espaço entre os ossos que se articulam, denominada ***cavidade articular*** (descrita a seguir) e o tipo de tecido conjuntivo que mantém os ossos juntos. Estruturalmente, as articulações são classificadas como (1) ***fibrosa***, se não existe cavidade articular e os ossos são mantidos juntos por tecido conjuntivo fibroso; (2) ***cartilagínea*** ou ***cartilaginosa***, se não existe cavidade ***sinovial*** e os ossos são mantidos unidos por cartilagem; ou (3) sinovial, se existe uma cavidade articular e os ossos que formam a juntura são unidos por uma cápsula articular circundante e freqüentemente por ligamentos acessórios (descritos em detalhe posteriormente).

Classificação Funcional

A classificação funcional das articulações leva em conta o grau de movimento que elas permitem. Funcionalmente, uma articulação é classificada como segue:

1. Uma ***sinartrose*** (*syn* = junto; *arthros* = articulação) é uma articulação imóvel.
2. Uma ***anfiartrose*** (*anphi* = ambos os lados) é uma articulação levemente móvel.
3. Uma ***diartrose*** é uma articulação livremente móvel.

Discutiremos as articulações do corpo, com base em sua classificação funcional, fazendo referência também às suas características estruturais.

Sinartrose (Articulação Imóvel)

Uma sinartrose ou articulação imóvel pode ser de três tipos: sutura, gonfose e sincondrose.

Sutura

Uma ***sutura*** (*sutura* = costura) é uma articulação fibrosa encontrada entre os ossos do crânio. Em uma sutura, os ossos são unidos por tecido conjuntivo fibroso denso. A estrutura irregular da sutura dá a ela força adicional, e diminui a possibilidade de fraturas. Um exemplo é a sutura coronal entre os ossos parietais e o frontal (veja a Figura 6.7b).

Gonfose

Uma ***gonfose*** (*gonphosis* = fixar em conjunto) é um tipo de articulação fibrosa no qual um pino em forma de cone ajusta-se a um soquete. Os únicos exemplos são as articulações das raízes dos dentes nos alvéolos (soquetes) das maxilas e da mandíbula.

Sincondrose

Uma ***sincondrose*** (*syn* = junto; *chondro* = cartilagem) é uma articulação cartilaginosa em que o material de conexão é cartilagem hialina. A articulação é eventualmente substituída por osso. Os exemplos incluem o disco epifisário (veja a Figura 6.4) e a articulação entre a primeira costela e o esterno (veja a Figura 6.19).

Anfiartrose (Articulação Levemente Móvel)

Uma anfiartrose, ou articulação levemente móvel, pode ser de dois tipos: sindesmose e sínfise.

Sindesmose

Em uma ***sindesmose*** (*syndesmo* = faixa ou ligamento), existe muito mais tecido conjuntivo fibroso denso que em uma sutura, mas o ajuste entre os ossos não é tão apertado, de modo que permite alguma flexibilidade. Um exemplo é a articulação distal entre tíbia e fíbula (veja a Figura 6.29).

Sínfise

Uma ***sínfise*** (*synphysis* = crescendo juntos) é uma articulação cartilaginosa em que o material de conexão é um disco largo e plano de fibrocartilagem. Os exemplos incluem as articulações intervertebrais (veja a Figura 6.14) e a sínfise púbica (veja a Figura 6.25).

Diartrose (Articulação Livremente Móvel)

Uma diartrose, ou articulação livremente móvel, tem uma variedade de formas e permite vários tipos diferentes de movimentos. Neste ponto, discutiremos a estrutura geral de uma diartrose e, mais tarde, consideraremos os vários tipos.

Estrutura de uma Diartrose (Articulação Sinovial)

Objetivo: *Descrever a estrutura de uma diartrose típica.*

Uma característica anatômica distinta de uma diartrose é o espaço, denominado ***cavidade articular (sinovial)*** (Figura 7.1), que separa os ossos em articulação. Por esta razão, as diartroses também são denominadas ***articulações sinoviais***. Outra característica destas articulações é a presença de ***cartilagem articular***. A cartilagem articular (que é cartilagem hialina) recobre as superfícies dos ossos em articulação, onde reduz o atrito quando os ossos se movem e auxilia a absorver o choque.

Uma ***cápsula articular*** em forma de manga de camisa circunda uma diartrose, envolve a cavidade articular e une os ossos em articulação. A cápsula articular é composta de duas camadas. A camada externa, a ***membrana fibrosa***, usualmente consiste de tecido conjuntivo denso e irregular. Ela se fixa ao periósteo dos ossos na articulação. A flexibilidade da membrana fibrosa permite o movimento na articulação, enquanto sua grande força resiste ao deslocamento. As fibras de algumas cápsulas são dispostas em feixes paralelos denominados ***ligamentos*** (*ligare* = unir) e recebem nomes específicos (veja a Figura 7.5). A força dos ligamentos é um dos principais fatores para manter um osso unido ao outro. As diartroses são articulações livremente móveis devido à cavidade articular e à distribuição da cápsula articular e ligamentos.

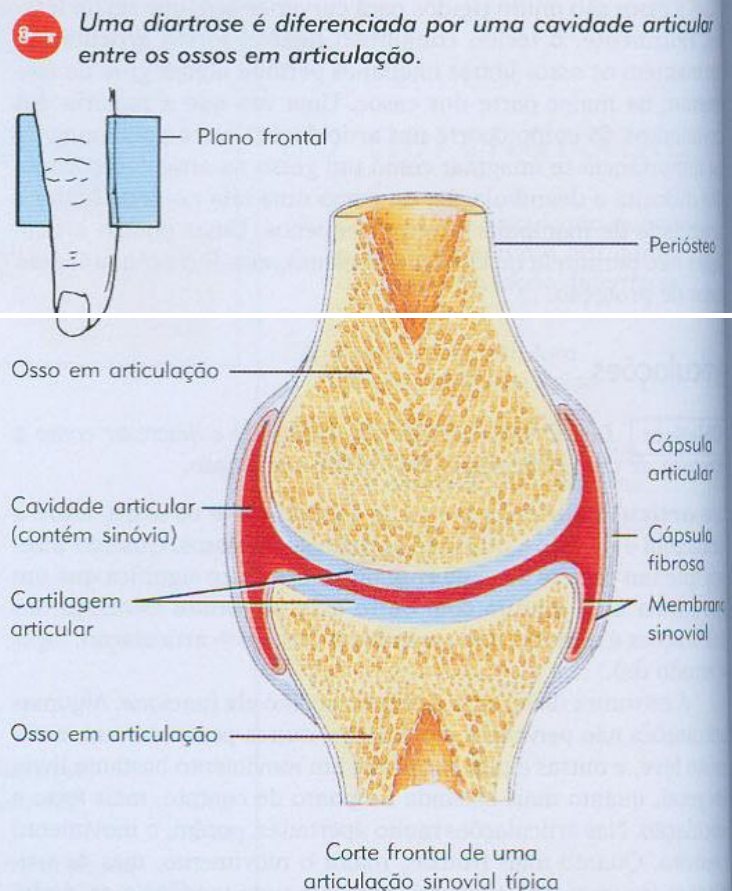
A camada interna da cápsula articular é a ***membrana sinovial***, que é composta de tecido conjuntivo areolar. Ela secreta ***sinóvia*** (líquido sinovial), que se assemelha a uma clara de ovo crua. O líquido preenche a cavidade articular, onde lubrifica e reduz o atrito na articulação, e fornece nutrientes e remove impurezas das células cartilaginosas da cartilagem articular.

Muitas diartroses também contêm ligamentos adicionais denominados ***ligamentos acessórios***. Alguns destes situam-se fora da cápsula articular; outros ocorrem dentro da cápsula articular (veja a Figura 7.5).

Dentro de algumas diartroses, como a articulação do joelho, existem coxins de fibrocartilagem denominados ***discos articulares (meniscos)***. Eles ficam entre dois ossos com formas diferentes, e auxiliam a estabilizar a articulação fornecendo um encaixe mais apertado (veja a Figura 7.5d). Uma ruptura dos meniscos do joelho, comumente chamada de ***ruptura de cartilagem***, ocorre freqüentemente entre os atletas.

Os vários movimentos do corpo criam atrito entre as partes em movimento. Para reduzir este atrito, estruturas saculares denominadas ***bolsas sinoviais*** (*bursa* = bolsa) estão situadas nos tecidos corporais. Elas estão cheias de um líquido similar ao líquido sinovial. As bolsas sinoviais estão localizadas onde o osso e os tecidos mais moles se encontram, como entre a pele e o osso, entre os tendões e os ossos, os músculos e os ossos e os ligamentos e os ossos. Como sacos cheios de líquido, elas acolchoam o movimento de uma parte do corpo sobre a outra. Uma inflamação da bolsa sinovial é denominada ***bursite***.

Figura 7.1 Estrutura geral de uma diartrose (articulação sinovial).

Uma diartrose é diferenciada por uma cavidade articular entre os ossos em articulação.

Além das estruturas mostradas, que outras estruturas podem ser encontradas nas articulações sinoviais?

Tipos de Diartroses

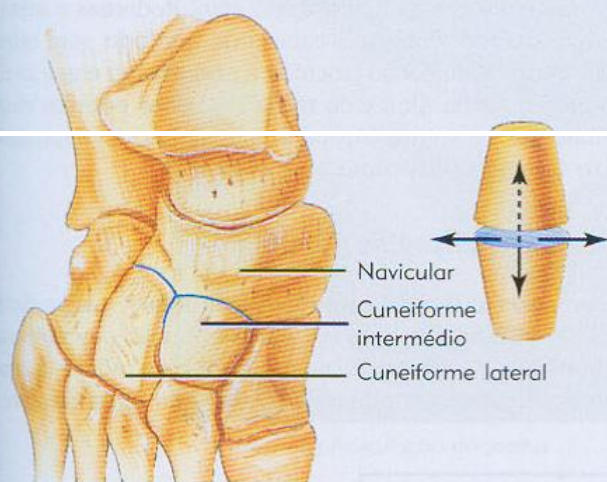
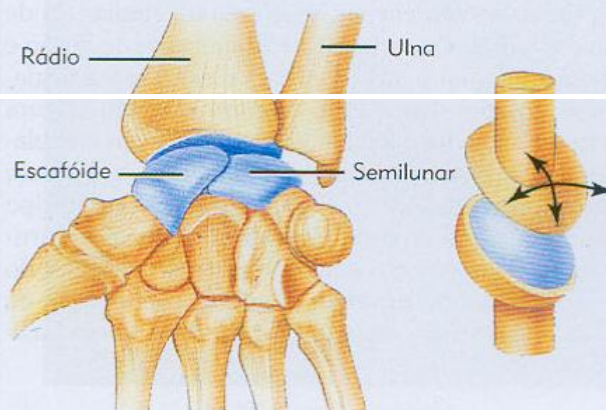
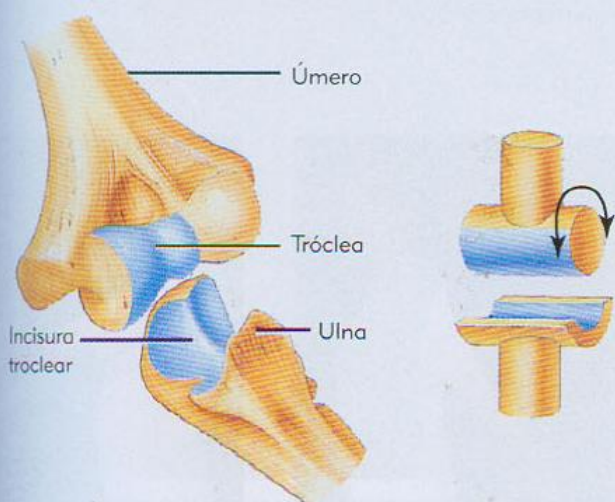
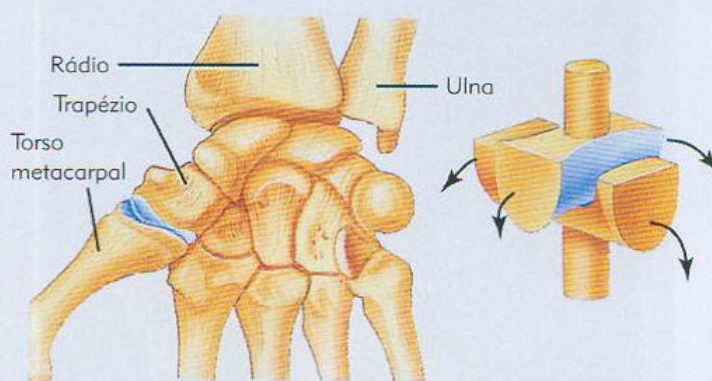
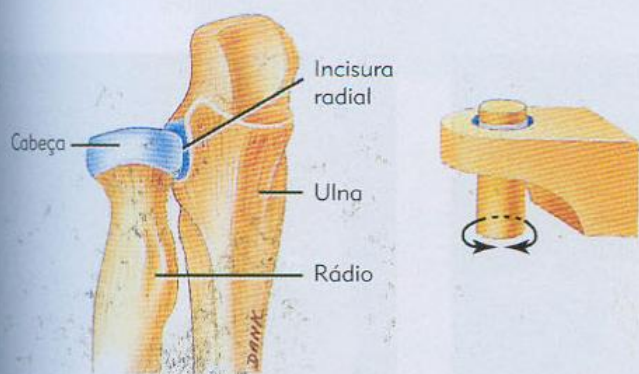
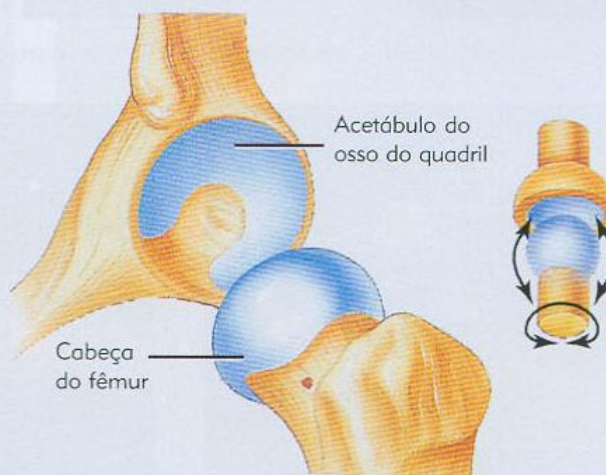
Objetivo: *Descrever os tipos de diartroses e os movimentos que ocorrem em cada uma.*

Embora todas as diartroses sejam similares na estrutura, existem variações na forma das superfícies articulares. Assim, as diartroses são divididas em seis subtipos: articulação plana, articulação gínglimo, articulação trocóide, articulação elipróide (candilar), articulação selar e articulação esferóide (cotilóide).

Articulação Plana

As superfícies articulares dos ossos em uma ***articulação plana*** são usualmente planas. Essas articulações permitem um ***movimento de deslizamento***, em que uma superfície se move para trás e para frente, e de um lado a outro da superfície, sem qualquer movimento angular ou rotatório (Figura 7.2a).

Figura 7.2 Tipos de diartroses (articulações sinoviais). Para cada subtipo mostrado, há um desenho da articulação real e um diagrama simplificado.

As articulações sinoviais são classificadas em subtipos, com base nas formas das superfícies de articulação dos ossos.

(a) Articulação plana entre o navicular e os cuneiformes intermédio e lateral tarsal, no pé

(d) Articulação elipsóide (condilar) entre o rádio e os ossos escafóide e semilunar carpal (punho)

(b) Articulação em gínglimo entre a tróclea do úmero e a incisura troclear da ulna no cotovelo

(e) Articulação selar, entre o trapézio carpal (punho) e o osso metacarpal.

(c) Articulação trocóide entre a cabeça do rádio e a incisura radial da ulna

(f) Articulação esferóide entre a cabeça do fêmur e o acetábulo do osso do quadril

Que articulação usualmente permite apenas a flexão e a extensão?

Exemplos de articulações planas são aquelas entre os ossos do carpo, do tarso, do esterno e da clavícula, e da escápula e da clavícula.

Articulação Gínglimo

Em uma ***articulação gínglimo***, a superfície convexa, de um osso ajusta-se à superfície côncava, de outro osso (Figura 7.2b). O movimento é primariamente em um único plano, similar ao de uma porta com dobradiça. O movimento é usualmente de flexão e extensão. A ***flexão*** diminui o ângulo entre os ossos em articulação e ocorre quando você dobra seu joelho ou cotovelo (Figura 7.3c,f). A ***extensão*** aumenta o ângulo entre os ossos em articulação, para voltar a parte do corpo à sua posição anatômica após ela ter sido flexionada (Figura 7.3c,f). Outras articulações do tipo gínglimo são as articulações do tornozelo, interfalângicas e a articulação entre o osso occipital e o atlas. Algumas articulações do tipo gínglimo são capazes de ***hiperextensão***, a continuação da extensão além da posição anatômica, como quando a cabeça inclina-se para trás (Figura 7.3a).

Articulação Trocóide

Em uma ***articulação pivotante***, uma superfície arredonda ou pontiaguda de um osso articula-se dentro de um anel forma parcialmente por osso e parcialmente por um ligamento (veja Figura 7.2c). O movimento primário é a ***rotação***, movimento um osso em torno de seu próprio eixo. Rodamos o atlas em tor do áxis quando viramos a cabeça de um lado para outro (Figu 7.3j). Outra articulação trocóide é encontrada entre as extremi des proximais da ulna e do rádio, e ela nos permite virar a palm da mão para a frente (ou para cima, como na supinação) e pa baixo (ou para trás, como na pronação).

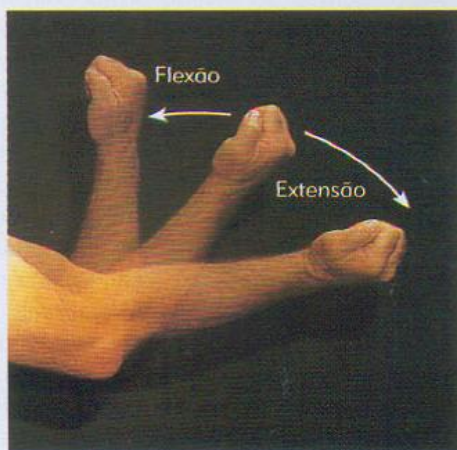
Articulação Elipsóide (Condilar)

Em uma ***articulação elipsóide*** (condilar), a superfície articul oval de um osso ajusta-se em uma depressão de outro osso (veja Figura 7.2d). A articulação no punho entre o rádio e os ossos carp é uma articulação condilar. O movimento permitido por este ti

Figura 7.3 Movimentos representativos nas diartroses (articulações sinoviais).

Enquanto a flexão diminui o ângulo em uma articulação, a extensão aumenta o ângulo.

(a) Articulações entre o atlas e o osso occipital e entre as vértebras

(b) Articulação do ombro

(c) Articulação do cotovelo

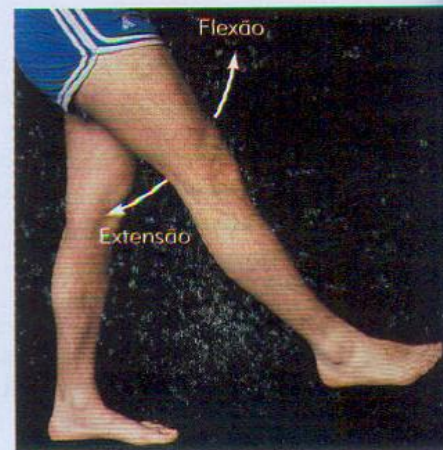
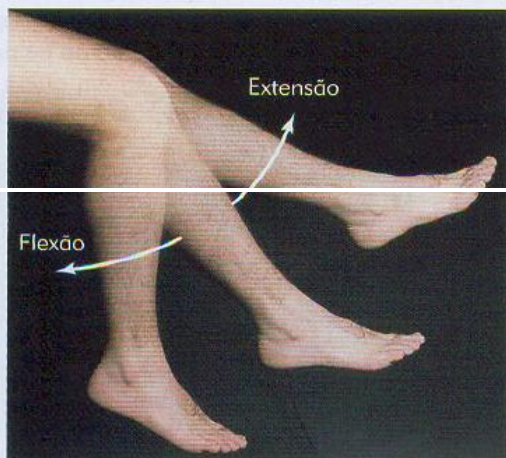
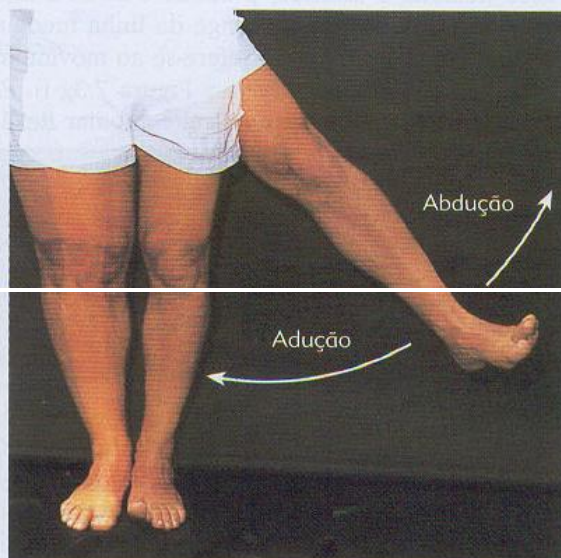
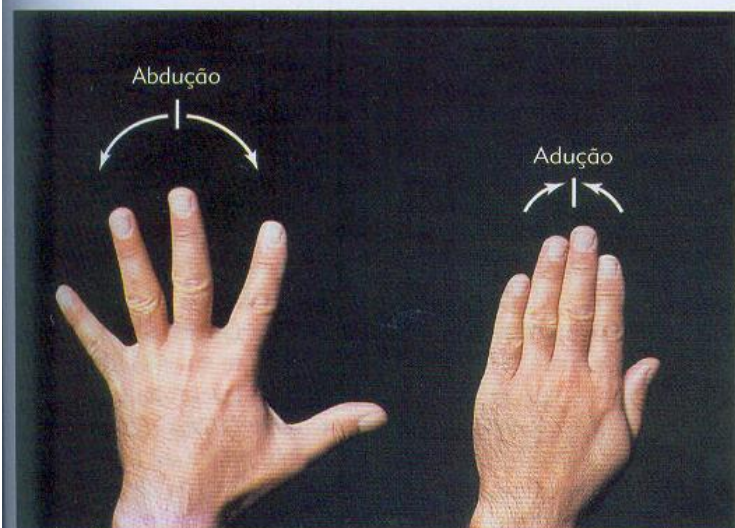
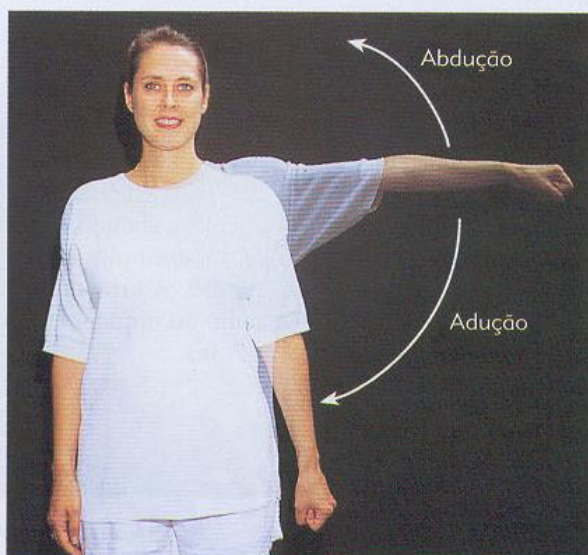
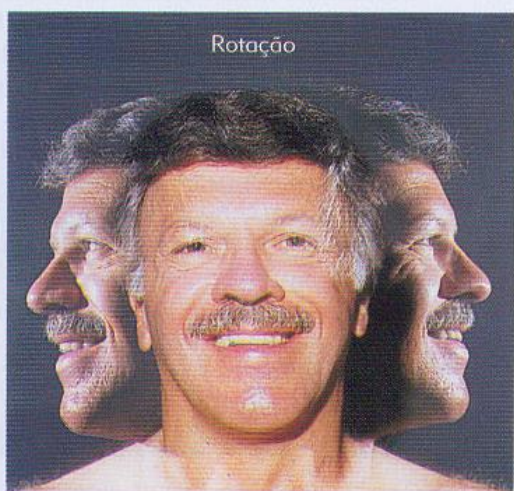
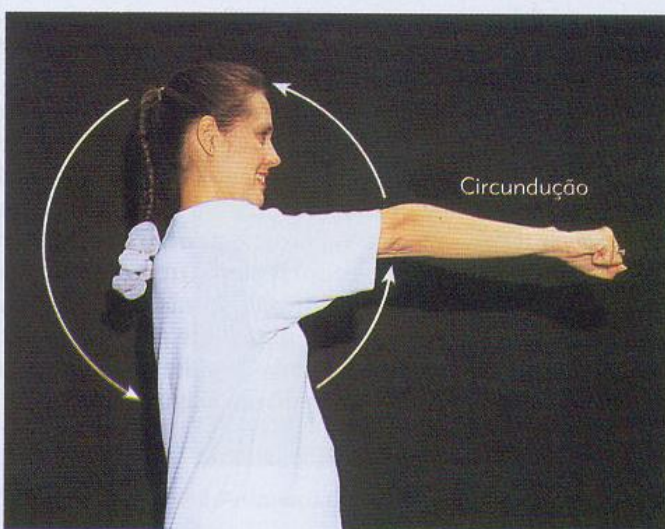
(d) Articulação do punho

(e) Articulação do quadril

Figura 7.3 (Continuação).

(f) Articulação do joelho

(g) Articulação do quadril

(h) Articulações entre os ossos metacarpais e as falanges

(i) Articulação do ombro

(j) Articulação entre atlas e áxis

(k) Articulação do ombro

Que movimento move a extremidade distal de um osso em um círculo? Move um osso em direção à linha mediana? Move um osso em torno de seu eixo?

de articulação é de um lado para outro e para a frente e para trás, como quando você flexiona e estende, e abduz e aduz a mão. ***Abdução*** refere-se ao movimento para longe da linha mediana do corpo (veja a Figura 7.3g-i). ***Adução*** refere-se ao movimento em direção à linha mediana do corpo (veja a Figura 7.3g-i). Em uma articulação elipsóide (condilar), é possível combinar flexão-extensão e abdução-adução em seqüência para produzir um movimento denominado ***circundução***. Na circundução, a extremidade distal de um osso move-se em um círculo. Por exemplo, você pode circunduzir sua mão girando-a em um círculo (Figura 7.3k).

Articulação em Sela

Em uma ***articulação selar***, a superfície articular de um osso tem forma de sela e a superfície articular do outro tem a forma dos membros inferiores de um cavaleiro sentado em uma sela. Os movimentos na articulação selar são de lado a lado e para trás e para frente (veja a Figura 7.2e). A articulação entre o trapézio do carpo e o osso metacarpal é uma articulação selar. Estas articulações também permitem a circundução, como ao mover o polegar em um círculo.

Articulação Esferóide (Cotilóide)

A ***articulação esferóide*** consiste em uma superfície óssea semelhante a uma bola, ajustada em uma depressão semelhante a um copo no outro osso (veja a Figura 7.2f). Esta articulação permite o movimento em três planos: flexão-extensão, abdução-adução e rotação-circundução (veja a Figura 7.2f). Os exemplos são a articulação do ombro e a articulação do quadril. A articulação do ombro também permite a circundução, como ao arquear o braço para lançar uma bola de beisebol (Figura 7.3k).

Movimentos Especiais

Objetivo: *Descrever vários movimentos especiais que ocorrem nas articulações sinoviais.*

Além dos movimentos de deslizamento, flexão, extensão, hiperextensão, rotação, abdução, adução e circundução, vários outros movimentos também ocorrem nas articulações sinoviais. Estes são denominados ***movimentos especiais*** e somente ocorrem em determinadas articulações (Figura 7.4).

A ***elevação*** é um movimento para cima de uma parte do corpo, e a ***depressão*** é um movimento para baixo de uma parte do corpo (Figura 7.4a,b). Você eleva sua mandíbula quando fecha a boca, e deprime sua mandíbula quando abre a boca. Você também pode elevar e deprimir seus ombros. A ***protrusão*** é o movimento da mandíbula ou cíngulo peitoral para a frente. Empurrar a mandíbula para a frente é uma protrusão da mandíbula (Figura 7.4c). A ***retração*** é o movimento de uma parte protraída do corpo de volta para trás. Puxar a mandíbula de volta ao alinhamento com a maxila é uma retração da mandíbula (Figura 7.4d).

Seis movimentos especiais relacionam-se ao pé e à mão (para eles, veja a Figura 7.4e-h). A ***inversão*** é o movimento da planta do pé para dentro (medialmente), de modo que uma planta do pé fique voltada para a outra. A ***eversão*** é o movimento da planta do pé para fora, de modo que as plantas dos pés voltam-se para o outro lado. A ***dorsiflexão*** envolve a flexão do pé para cima, e a ***flexão plantar*** envolve a flexão do pé para baixo. A ***supinação*** é um movimento do antebraço em que a palma da mão é virada para a frente ou para cima. A ***pronação*** é um movimento do antebraço em que a palma da mão é virada para trás ou para baixo.

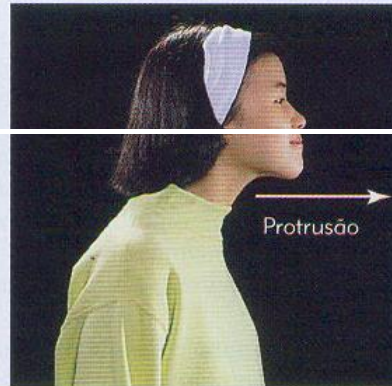
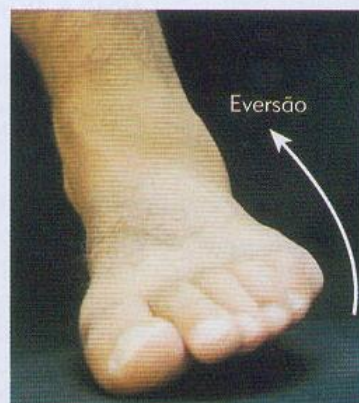
Articulação do Joelho

Para dar a você uma idéia da complexidade das articulações sinoviais, examinaremos algumas das caraterísticas estruturais da articulação do joelho. Entre as principais estruturas do joelho estão as seguintes (Figura 7.5 na página 148):

1. **Cápsula articular**. No joelho, a cápsula é reforçada por tendões musculares circundando a articulação.
2. **Ligamento patelar**. Tendão de inserção do músculo quadríceps da coxa que se estende da patela à tíbia. Este ligamento reforça a superfície anterior da articulação.
3. **Ligamento poplíteo oblíquo**. Ligamento que se estende do fêmur à tíbia. O ligamento permite reforçar a superfície posterior da articulação.
4. **Ligamento poplíteo arqueado**. Ligamento que se estende do fêmur à fíbula. Ele reforça a parte lateral inferior da superfície posterior da articulação.
5. **Ligamento colateral tibial (medial)**. Ligamento na superfície medial da articulação que se estende do fêmur à tíbia. O ligamento reforça a face medial da articulação.
6. **Ligamento colateral fibular (lateral)**. Ligamento na superfície lateral da articulação que se estende do fêmur à fíbula. O ligamento reforça a face lateral da articulação.
7. **Ligamento cruzado anterior (LCA)**. Estende-se posteriormente e lateralmente da tíbia ao fêmur. Este ligamento é distendido ou rompido em cerca de 70% de todas as lesões graves do joelho.
8. **Ligamento cruzado posterior (LCP)**. Estende-se anteriormente e medialmente da tíbia ao fêmur.
9. **Meniscos articulares**. Discos de fibrocartilagem entre os côndilos tibiais e femorais. Eles auxiliam a compensar as formas irregulares dos ossos em articulação. Existem dois meniscos articulares:
   a. **Menisco medial**. Peça semicircular de fibrocartilagem (em forma de C) na região lateral do joelho.
   b. **Menisco lateral**. Peça quase circular de fibrocartilagem (aproximadamente a forma de um O completo) na região medial do joelho.
10. **Bolsas sinoviais**. Estruturas saculares cheias de líquido que auxiliam a reduzir o atrito.

Figura 7.4 Movimentos especiais.

Os movimentos especiais ocorrem somente em articulações específicas.

(a) Articulação temporomandibular (b)

(c) Articulação temporomandibular (d)

(e) Articulação entre ossos do tarso (f)

(g) Articulação do tornozelo

(h) Articulação radioulnar proximal

Que movimento especial é usado ao encolher os ombros?

Figura 7.5 Estrutura da articulação do joelho.

A articulação do joelho é a maior e mais complexa articulação do corpo.

Fêmur
Tendão do músculo quadríceps femoral
BOLSA SINOVIAL
Músculo vasto lateral
Músculo vasto medial
Patela
LIGAMENTO COLATERAL FIBULAR (LATERAL)
Coxim de gordura
LIGAMENTO COLATERAL TIBIAL (MEDIAL)
CÁPSULA ARTICULAR
BOLSA SINOVIAL
Fíbula
LIGAMENTO DA PATELA
Tíbia

(a) Vista superficial anterior

Fêmur
CÁPSULA ARTICULAR
Músculo gastrocnêmio
LIGAMENTO POPLÍTEO OBLÍQUO
LIGAMENTO COLATERAL TIBIAL (MEDIAL)
LIGAMENTO POPLÍTEO ARQUEADO
Músculo poplíteo
LIGAMENTO COLATERAL FIBULAR (LATERAL)
Tíbia
Fíbula

(b) Vista profunda posterior

Plano sagital
Músculo bíceps femoral
Tendão do músculo quadríceps femoral
Fêmur
Patela
MENISCO LATERAL
Coxim de gordura
BOLSA SINOVIAL
Tíbia
LIGAMENTO DA PATELA
Músculo gastrocnêmio

(c) Secção sagital

Fêmur
LIGAMENTO CRUZADO POSTERIOR (LCP)
LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR (LCA)
MENISCO LATERAL
MENISCO MEDIAL
LIGAMENTO COLATERAL FIBULAR (LATERAL)
LIGAMENTO COLATERAL TIBIAL (MEDIAL)
Fíbula
Tíbia

(d) Vista profunda anterior (fletido)

Que estruturas são lesadas na "ruptura de cartilagem"?

foco no bem-estar

Lesões por Movimentos Repetitivos

As diartroses (articulações sinoviais, livremente móveis) foram feitas para o movimento. Porém o corpo humano não é uma máquina, e as diartroses não foram desenhadas para suportar a repetição de um dado movimento continuamente, durante todo um dia. Quando você repete o mesmo movimento por períodos prolongados de tempo, pode estressar excessivamente a articulação ou as articulações responsáveis por aquele movimento e as estruturas de tecido mole associadas, como a cápsula articular, os ligamentos, as bolsas sinoviais, os músculos, os tendões e os nervos. Episódios repetidos de estresse mecânico podem levar ao desenvolvimento das *lesões por movimentos repetitivos*.

Repita Isso?

As lesões por movimentos repetitivos são um tipo de *distúrbios por traumas cumulativos* (DTC) definidas pela OSHA (*Occupational Health and Safety Administration*) como um grupo de doenças caracterizadas pelo dano progressivo aos tecidos moles. As lesões por movimentos repetitivos são o tipo mais comum de DTC, mas as DTCs também podem envolver o trauma devido à exposição ao frio ou calor, certos tipos de iluminação, vibração e assim por diante. As lesões por movimentos repetitivos são semelhantes em muitas formas às *lesões por uso excessivo* que os atletas freqüentemente vivenciam. Assim como os jogadores de tênis podem desenvolver epicondilite (cotovelo de tenista), também o fazem muitos trabalhadores da conservação de edifícios e operários da construção civil que realizam repetidas flexões e extensões do cotovelo em seu trabalho.

Muitos leitores estão familiarizados com a síndrome do canal (túnel) do carpo, em que uma pressão se desenvolve no nervo mediano quando ele passa pelo canal do carpo, um túnel estreito de osso e ligamento no punho. A pressão sobre este nervo causa dormência, formigamento e dor em alguns ou todos os dedos. Embora a síndrome do canal do carpo possa ser causada por muitos fatores, também é uma lesão comum por movimentos repetitivos em pessoas que realizam tais movimentos com suas mãos.

Os movimentos repetitivos isolados podem causar lesões. O risco aumenta quando os movimentos repetitivos são associados à má postura e à biomecânica, que colocam estresse excessivo sobre as articulações. O estresse articular também aumenta quando uma pessoa deve aplicar força com o movimento, como ao agarrar ou erguer materiais pesados. As articulações sob maior risco são as mais fracas: punhos, dorso, cotovelos, ombros e pescoço, são os locais mais comuns de lesão por movimentos repetitivos.

As lesões por movimentos repetitivos usualmente desenvolvem-se lentamente, ao longo de um extenso período de tempo. Elas tipicamente iniciam com um desconforto leve a moderado nas articulações afetadas, especialmente à noite. Outros sintomas incluem inchaço na articulação, fadiga muscular, dormência e formigamento. Os sintomas podem inicialmente ser transitórios mas depois se tornam constantes. Os sintomas de lesão avançada incluem dor mais intensa, fraqueza muscular e problemas com os nervos. Se não tratadas, as lesões por movimentos repetitivos podem ser extremamente dolorosas e limitar severamente a amplitude de movimento de uma articulação. Felizmente, por se desenvolverem lentamente, a maioria das lesões por movimentos repetitivos é descoberta precocemente o bastante para ser tratada com sucesso.

Ergonomia: Evite um Desempenho Repetitivo

O tratamento começa com o diagnóstico da causa do estresse por movimento repetitivo. As pessoas treinadas em biomecânica desenvolveram um campo denominado ergonomia, uma ciência aplicada relacionada ao desenho e à distribuição dos objetos que as pessoas usam de modo que as pessoas e os objetos interajam mais eficientemente.

Os especialistas em ergonomia analisam como instalar áreas de trabalho com computadores, linhas de montagem industriais e mesmo os interiores de automóveis de modo a produzir a menor quantidade de estresse mecânico sobre os corpos das pessoas que operam o equipamento. Assim como os treinadores auxiliam os atletas a usarem a biomecânica correta para evitar lesão, os especialistas em ergonomia também treinam os trabalhadores para realizarem seu trabalho de modo a evitar lesão. Porém, mesmo os equipamentos melhor projetados, a postura correta e a biomecânica apropriada não irão prevenir ou corrigir todas as lesões por movimentos repetitivos. Algumas vezes, as exigências do trabalho devem ser ajustadas para incluir uma variedade maior de tarefas de modo a reduzir a necessidade de movimentos repetitivos. O tratamento médico freqüentemente é requerido para as lesões por movimentos repetitivos, e usualmente inclui o uso de analgésicos, gelo, repouso e fisioterapia para aumentar a força e flexibilidade da área lesada.

Pensamento Crítico

Por que você acha que os técnicos em higiene dental, músicos e pessoas que datilografam o dia todo estão sob risco aumentado para o desenvolvimento da síndrome do canal do carpo? Que tipo de coisas essas pessoas poderiam fazer para diminuir o seu risco de desenvolver esta síndrome? Por que o treinamento de força ajuda a prevenir as lesões por movimentos repetitivos relacionadas ao trabalho?

Doenças Comuns

Reumatismo

Reumatismo (*rheumat* = sujeito ao fluxo) refere-se a qualquer estado doloroso das estruturas de sustentação do corpo – seus ossos, ligamentos, articulações, tendões ou músculos. Artrite é uma forma de reumatismo em que as articulações estão inflamadas.

Osteoartrite

Osteoartrite é uma doença articular degenerativa caracterizada pela deterioração da cartilagem articular e formação de esporões (osso novo).

Artrite Gotosa

Na ***artrite gotosa*** (gota), cristais de urato de sódio são depositados nos tecidos moles como os rins e a cartilagem das articulações. Os cristais eventualmente destroem todos os tecidos articulares.

Artrite Reumatóide (AR)

A ***artrite reumatóide*** (AR) é uma doença auto-imune em que os anticorpos de um indivíduo atacam os tecidos articulares. Embora a AR seja um tipo menos comum de artrite, é uma doença mais grave e potencialmente incapacitante. O sintoma primário é a inflamação da membrana sinovial.

Doença de Lyme

A ***doença de Lyme*** é causada por uma bactéria (*Borrelia burgdorferi*) transmitida aos seres humanos por carrapatos. Dentro de poucas semanas após a picada do carrapato, um exantema pode surgir no local, podendo ser acompanhado por rigidez articular, febre e calafrios, cefaléia, rigidez do pescoço, náuseas e dor lombar.

Luxação

A ***luxação*** é o deslocamento de um osso de uma articulação, com ruptura dos ligamentos, tendões e das cápsulas articulares. Uma luxação parcial ou incompleta é denominada ***subluxação***.

Torcedura e Distensão

Uma ***torcedura*** é a torção forçada de uma articulação, com a ruptura parcial ou outras lesões de suas estruturas de fixação, sem deslocamento. Uma torcedura é um quadro mais grave que uma ***distensão*** que é o estiramento excessivo de um músculo.

Terminologia e Condições Médicas

Artralgia (*art* = articulação; *algia* = dor) Dor em uma articulação.

Artroscopia (*arthro* = articulação; *skopein* = ver) Um procedimento que envolve o exame do interior de uma articulação, usualmente o joelho, utilizando um artroscópio, um instrumento iluminado com o diâmetro de um lápis. Ele é usado para determinar a natureza e a extensão da lesão após um trauma de joelho; para remover a cartilagem rompida e reparar os ligamentos cruzados no joelho; para obter amostras de tecido para análise e para realizar cirurgia em outras articulações, como o ombro, o cotovelo, o tornozelo e o punho; e para monitorar a progressão da doença e os efeitos da terapia.

Artrose Referente a uma articulação, a uma doença de uma articulação.

Condrite (*chondro* = cartilagem) Inflamação da cartilagem.

Reumatologia (*rheumat* = sujeito a fluxo) O estudo das articulações; o campo da medicina devotado às doenças articulares e condições correlatas.

Sinovite (*synov* = articulação) Inflamação da membrana sinovial em uma articulação.

Resumo dos Estudos

Classificação das Articulações (p. 141)

1. Uma articulação (junturaa) é uma região de contato entre dois ou mais ossos.
2. A classificação estrutural é baseada na presença de uma cavidade articular e no tipo de tecido conjuntivo. Estruturalmente, as articulações são classificadas em fibrosa, cartilaginosa ou cartilagínea e sinovial.
3. A classificação funcional das articulações é baseada no grau de movimento permitido. As articulações podem ser sinartroses, anfiartroses ou diartroses.

Sinartrose (Articulação Imóvel) (p. 141)

1. Uma sinartrose é uma articulação imóvel.
2. Os tipos de sinartroses incluem a sutura (encontrada entre os ossos do crânio), a gonfose (raízes dos dentes nos alvéolos da mandíbula e da maxila) e a sincondrose (cartilagem temporária entre a diáfise e as epífises).

Anfiartrose (Articulação Levemente Móvel) (p. 141)

1. Uma anfiartrose é uma articulação levemente móvel.
2. Os tipos de anfiartroses incluem a sindesmose (como a articulação tibiofibular) e a sínfise (a sínfise púbica).

[Dia]rtrose (Articulação Livremente Móvel) (p. 142)

1. Uma diartrose é uma articulação livremente móvel (articulação sinovial).
2. As diartroses contêm uma cavidade articular, cartilagem articular e membrana sinovial; algumas também contêm ligamentos, discos articulares (meniscos) e bolsas sinovais.

[Ti]pos de Diartroses (p. 142)

1. As diartroses (articulações sinoviais) podem ser classificadas de acordo com a forma das superfícies articulares.
2. Os tipos de diartroses incluem a articulação plana (ossos do carpo), a articulação gínglimo (cotovelo), a articulação trocóide (entre rádio e ulna), a articulação condilar (entre o rádio e o carpo), a articulação selar (entre o carpo e polegar) e a articulação esferóide (ombro).

Movimentos Especiais (p. 146)

1. Além dos movimentos de deslizamento, flexão, extensão, hiperextensão, rotação, abdução, adução e circundução, movimentos especiais também ocorrem nas articulações sinoviais.
2. Os movimentos especiais incluem a inversão, a eversão, a dorsiflexão, a flexão plantar, a protrusão, a retração, a supinação, a pronação, a elevação e a depressão.

Articulação do Joelho (p. 146)

1. A articulação do joelho é uma diartrose que ilustra a complexidade deste tipo de articulação.
2. Ela contém uma cápsula articular, vários ligamentos dentro e fora da articulação, discos articulares (meniscos) e bolsas sinoviais.

Auto-avaliação

1. O ponto de contato entre dois ou mais ossos é conhecido como
a. sinapse b. conjunção c. diartrose d. articulação e. fusão
2. As raízes dos dentes nos alvéolos dentais da mandíbula e da maxila constituem que tipo de articulação?
a. diartrose b. gonfose c. sínfise d. sincondrose e. sutura
3. A classificação estrutural das articulações é baseada em qual dos seguintes critérios?
a. grau de movimento b. presença de uma cavidade articular c. tipo de tecido conjuntivo na articulação d. a e b estão corretos e. b e c estão corretos
4. A cartilagem articular e as bolsas sinoviais seriam encontradas mais provavelmente em qual dos seguintes tipos de articulação?
a. gonfose b. sutura c. sínfise púbica d. joelho e. sincondrose
5. Qual das seguintes estruturas fornece flexibilidade a uma articulação enquanto ao mesmo tempo resiste ao deslocamento?
a. bolsas sinoviais b. cartilagem articular c. sinóvia (líquido sinovial) d. músculos e. cápsula articular
Uma articulação que é levemente móvel seria classificada funcionalmente como uma articulação ___________
a. sutura b. sinartrose c. diartrose d. sincondrose e. anfiartrose
6. Uma articulação em que não existe cavidade e os ossos são mantidos juntos por tecido conjuntivo fibroso seria estruturalmente classificada como uma articulação ___________
a. sinovial b. sínfise c. fibrosa d. sincondrose e. anfiartrose
7. As articulações entre as vértebras e a articulação entre os ossos púbicos são exemplos de que tipo de articulação?
a. sinovial b. sínfise c. fibrosa d. sincondrose e. sutura
8. O coxim de fibrocartilagem localizado dentro de uma articulação sinovial é denominado
a. cartilagem articular b. cápsula articular c. disco articular (menisco) d. bolsa sinovial e. membrana sinovial
9. A articulação do úmero e ulna no cotovelo, é uma articulação
a. esferóide b. gínglimo c. plana d. elipsóide (condilar) e. selar
10. A articulação vista entre os ossos do carpo e do tarso é do tipo ___________:
a. esferóide b. gínglimo c. plana d. trocóide e. selar
11. Uma articulação trocóide pode ser encontrada entre quais dos seguintes ossos?
a. tálus e tíbia b. clavícula e esterno c. rádio e ulna d. úmero e ulna e. escápula e úmero
12. Quais das seguintes articulações sinoviais permitem o maior grau de movimento?
a. esferóide b. gínglimo c. plana d. trocóide e. selar
13. Correlacione:

____ a. movimento de um osso em torno de seu próprio eixo	A. rotação
____ b. movimento para longe da linha mediana do corpo	B. supinação
____ c. palma da mão voltada para cima ou para a frente	C. depressão
____ d. movimento para baixo de uma parte do corpo	D. adução
____ e. movimento em direção à linha mediana do corpo	E. retração
____ f. movimento da mandíbula ou ombro para trás	F. pronação
____ g. virar a palma da mão de modo que fique voltada para baixo ou para trás	G. abdução
____ h. movimento para cima de uma parte do corpo	H. hiperextensão
____ i. movimento em círculo da extremidade distal de uma parte do corpo	I. circundução
____ j. além do plano de extensão	J. elevação

Aplicação do Pensamento Crítico

1. A doença periodôntica é a principal causa de problemas dentários e perda de dentes em adultos. Uma área afetada é a articulação entre os dentes e a mandíbula e maxila. Nomeie este tipo de articulação e descreva sua estrutura. Como a lesão estrutural afetará a função articular?
2. John tropeçou em uma cadeira da cozinha. Ele torceu sua articulação do joelho durante a queda e, então, o soalho de lajotas atingiu diretamente sua patela. Agora, John tem um caso sério de "água no joelho". Qual é o nome científico para o líquido na articulação? Que estruturas do joelho podem ter sido lesadas na queda?
3. Uma tia idosa queixa-se de reumatismo (artrite) no seu pescoço e braços. Ela é uma mulher "roliça" que sempre gostou de fazer pães para seus sobrinhos e sobrinhas. Você sempre gostou de comer suas criações. O que você pode sugerir para melhorar seu reumatismo?
4. A síndrome de Ehlers-Danlos, um distúrbio hereditário do tecido conjuntivo, causa alterações na estrutura do colágeno (a proteína forte do tecido conjuntivo fibroso). Que efeitos o colágeno enfraquecido teria na estrutura e função articulares?
5. Um pai puxa rapidamente para trás o braço de seu filho pequeno, para impedir uma queda pelas escadas. A criança segura o braço contra seu corpo e grita de dor. Que articulação foi provavelmente deslocada ou lesada durante o evento? Que características estruturais dessa articulação tornam-na suscetível a esse tipo de lesão?
6. Após seu segundo exame de anatomia, você cai sobre um joelho, ergue um braço acima de sua cabeça com a mão cerrada, estica seu braço para cima e para baixo, dobra a sua cabeça para trás para olhar diretamente para cima e grita bem alto "SIM!" Use os termos apropriados para descrever os movimentos realizados pelas várias articulações.

Respostas às Perguntas das Figuras

7.1 Ligamentos acessórios, discos articulares (meniscos) e bolsas sinoviais.
7.2 Articulação gínglimo.
7.3 Circundução; adução; rotação.
7.4 Elevação.
7.5 Discos articulares (meniscos).

O Sistema Muscular

objetivos do aprendizado

1. Descrever os componentes do tecido conjuntivo, dos suprimentos sangüíneo e nervoso e a histologia do tecido muscular esquelético. 154
2. Explicar os fatores envolvidos na contração das fibras musculares esqueléticas. 157
3. Explicar a relação do tecido muscular com a homeostase. 163
4. Descrever os vários tipos de contrações musculares. 163
5. Definir o tônus muscular e descrever as anormalidades relacionadas a ele. 164
6. Descrever a estrutura e a função do tecido muscular cardíaco. 165
7. Descrever a estrutura e a função do tecido muscular liso. 165
8. Descrever como os músculos esqueléticos produzem movimento. 167
9. Listar e descrever os vários modos pelos quais os músculos esqueléticos são denominados. 168
10. Para várias regiões do corpo, descrever a localização dos músculos esqueléticos e identificar suas funções. 168

uma visão geral

Embora os ossos e as articulações formem o arcabouço do corpo, eles próprios não podem mover o corpo. O movimento resulta da contração e do relaxamento dos músculos. O tecido muscular constitui cerca de 40 a 50% do peso corporal total e é composto de células altamente especializadas. O estudo científico dos músculos é conhecido como ***miologia*** (*myo* = músculo; *logos* = estudo de).

Tipos de Tecido Muscular

Existem três tipos de tecido muscular.

O ***tecido muscular esquelético***, assim denominado por sua localização, está fixado principalmente em ossos e move as partes do esqueleto. Ele é ***estriado***; isto é, estrias, ou faixas alternadas claras e escuras, são visíveis ao microscópio. Ele é voluntário pois pode ser mandado contrair e relaxar por controle consciente.

O ***tecido muscular cardíaco*** forma a maior parte da parede do coração. Ele é ***estriado*** e ***involuntário***; isto é, suas contrações não estão sob controle consciente.

O ***tecido muscular liso*** está envolvido com os processos internos. Ele está localizado nas paredes das estruturas internas ocas, como os vasos sangüíneos, o estômago e os intestinos. Ele é ***liso*** pois não apresenta estrias, e é ***involuntário***.

Funções do Tecido Muscular

Por meio da contração sustentada ou alternando a contração e o relaxamento, o tecido muscular tem quatro funções-chave: produzir movimento do corpo, mover substâncias dentro do corpo, fornecer estabilização e gerar calor.

1. ***Movimento do corpo***. O movimento é óbvio em situações como a caminhada e a corrida, e em ações localizadas, como segurar um lápis ou balançar a cabeça. Esses movimentos dependem do funcionamento integrado de ossos, articulações e músculos esqueléticos.
2. ***Movimento de substâncias dentro do corpo***. O músculo cardíaco produz contrações que movem o sangue através do coração e dos vasos sangüíneos. As contrações do músculo liso movem o alimento através do trato gastrintestinal, o espermatozóide e o óvulo através dos sistemas genitais, e a urina através do sistema urinário.
3. ***Estabilização das posições do corpo e regulação do volume dos órgãos***. As contrações do músculo esquelético mantêm o corpo em posições estáveis, como ficar de pé ou sentado. Os músculos posturais apresentam contrações sustentadas quando a pessoa está desperta; por exemplo, os músculos do pescoço parcialmente contraídos mantêm a cabeça ereta. De modo similar, as contrações sustentadas dos músculos lisos podem impedir o refluxo do conteúdo de um órgão oco. O armazenamento temporário de alimento no estômago ou de urina na bexiga urinária é possível porque os músculos lisos fecham a via de saída.
4. ***Produção de calor***. Quando o músculo esquelético se contrai para realizar trabalho, um subproduto é o calor. Boa parte do calor liberado pelo músculo é usado para manter a temperatura corporal normal. Acredita-se que as contrações musculares gerem até 85% de todo o calor do corpo. É por isso que os movimentos ativos auxiliam a aquecê-lo durante u[m] jogo de futebol em um dia frio.

Características do Tecido Muscular

O tecido muscular tem quatro características principais que s[ão] importantes na compreensão de suas funções:

1. ***Excitabilidade*** é a capacidade do tecido muscular de receber e responder a estímulos.
2. ***Contratilidade*** é a capacidade de encurtar-se e espess[ar-se] (contrair-se).
3. ***Extensibilidade*** é a capacidade do tecido muscular d[e] distender-se (estender).
4. ***Elasticidade*** é a capacidade do tecido muscular de retorn[ar] à sua forma original após a contração ou a extensão.

Tecido Muscular Esquelético

Objetivo: *Descrever os componentes do tecido conjuntivo, os suprimentos sangüíneo e nervoso e a histologia do tecido muscul[ar] esquelético.*

Para compreender como os músculos se movem, você necessita d[e] algum conhecimento dos seus revestimentos de tecido conjuntiv[o], suprimentos nervoso e sangüíneo e da estrutura das fibras musculares individuais (células).

Componentes do Tecido Conjuntivo

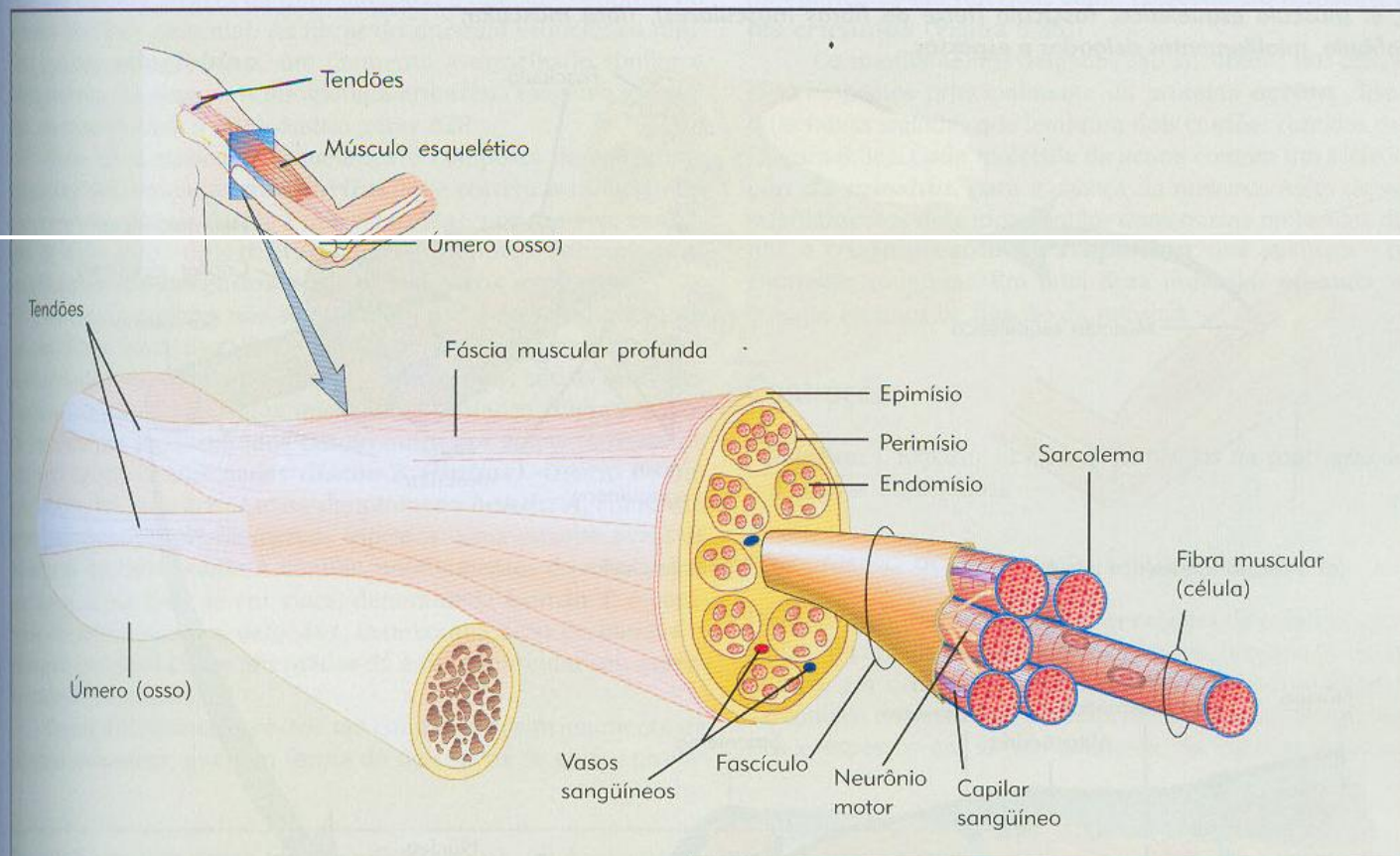
O termo ***fáscia*** (*fascia* = bandagem) é aplicado a uma lâmina o[u] faixa larga de tecido conjuntivo fibroso sob a pele ou em torno d[os] músculos e outros órgãos do corpo. Existem dois tipos de fásci[a]: (1) ***fáscia superficial (na tela subcutânea)*** que é compost[a] de tecido conjuntivo areolar; tem tecido adiposo junto a ela e est[á] imediatamente abaixo da pele; e, mais importante no estudo d[os] músculos, (2) ***fáscia muscular profunda***, que é composta d[e] tecido conjuntivo denso e irregular e mantém os músculos unidos, separando-os em grupos funcionais.

Vários revestimentos de tecido conjuntivo estendem-se a partir da fáscia muscular profunda (Figura 8.1). O músculo inteir[o] é envolvido pelo ***epimísio*** (*epi* = sobre). Os feixes de fibras musculares (células) denominados fascículos são recobertos p[elo] ***perimísio*** (*peri* = em torno). Finalmente, o ***endomísio*** (*endo* = dentro) envolve cada fibra muscular individual.

O epimísio, o perimísio e o endomísio estendem-se além d[o] músculo como um ***tendão*** (*tendere* = distender) – um cordão d[e] tecido conjuntivo que fixa um músculo a um osso. Um exemplo é o tendão calcâneo (de Aquiles) do músculo tríceps da perna (veja a Figura 8.25a).

Suprimentos Nervoso e Sangüíneo

Os músculos esqueléticos são bem supridos com nervos e vasos sangüíneos, ambos os quais estão diretamente relacionados à contração, a principal caraterística do músculo (veja a Figura 8.22a). Para uma fibra muscular esquelética se contrair, ela deve primei

Figura 8.1 Relações do tecido conjuntivo com o músculo esquelético mostrando as posições relativas do epimísio, do perimísio e do endomísio.

RESUMO DAS FUNÇÕES DO TECIDO MUSCULAR

1. Movimento do corpo. Movimentos como deambulação e corrida.
2. Movimento de substâncias dentro do corpo. Todos os três tipos de tecido muscular auxiliam a mover substâncias como o sangue, os alimentos, o espermatozóide e o óvulo e a urina.
3. Estabiliza as posições do corpo e regula o volume dos órgãos. As contrações do músculo esquelético mantêm estáveis as posições corporais e a postura. As contrações sustentadas dos músculos lisos bloqueiam a saída de alimento do estômago e de urina da bexiga urinária, para armazenagem temporária.
4. Produção de calor. As contrações do músculo esquelético podem gerar 85% de todo o calor corporal, para auxiliar a manter a temperatura corporal normal.

P ***Começando com o tecido conjuntivo que circunda uma fibra muscular individual (célula) e prosseguindo em direção ao exterior, liste as camadas de tecido conjuntivo em ordem.***

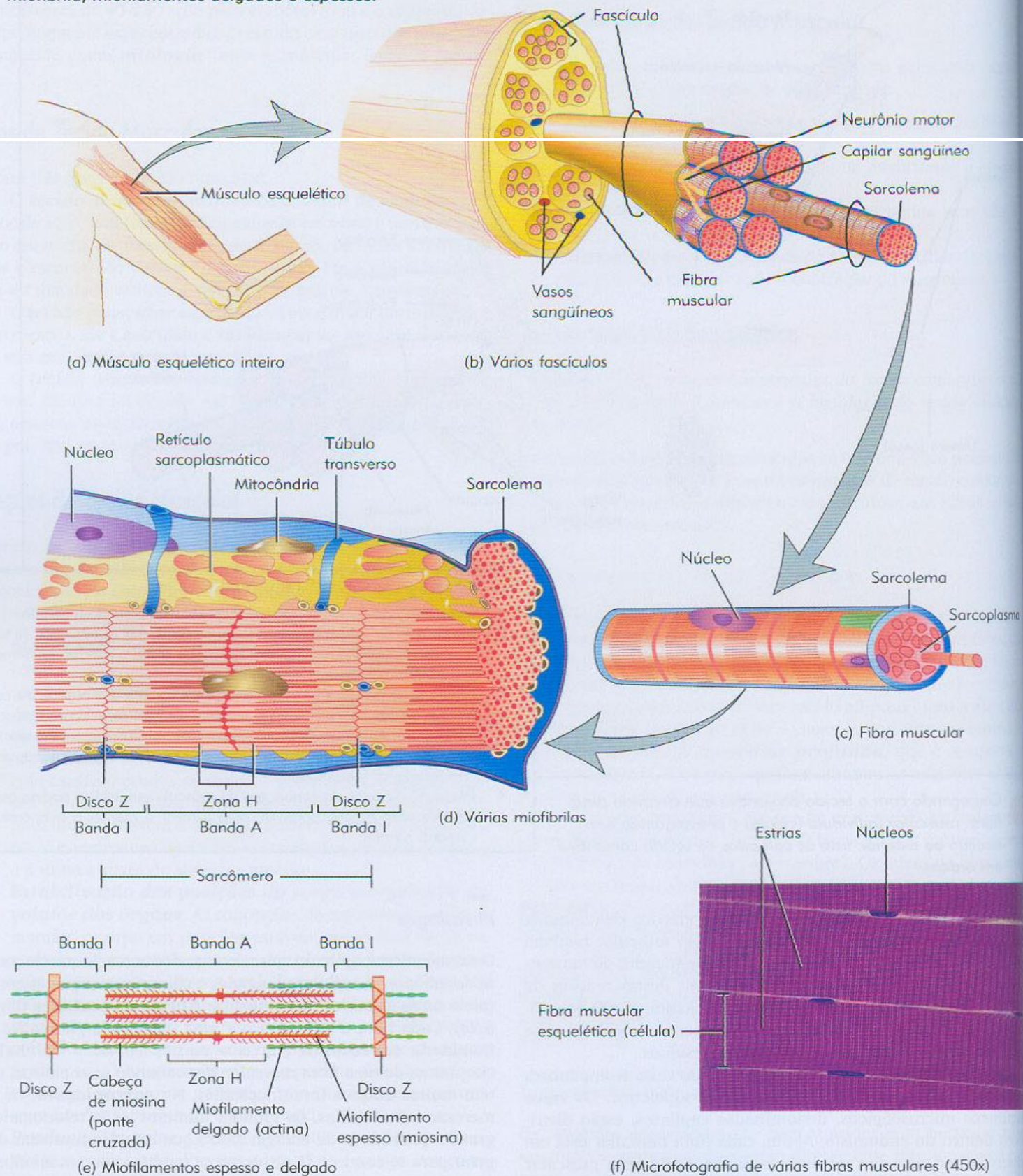
mente ser estimulada por uma corrente elétrica denominada **potencial de ação muscular**. A contração muscular também requer bastante energia, e assim, grandes quantidades de nutrientes e oxigênio. E mais, os produtos residuais destas reações de produção de energia devem ser eliminados. Assim, a ação muscular prolongada depende de um rico suprimento sangüíneo para enviar nutrientes e oxigênio e remover os resíduos.

Normalmente, uma artéria e uma ou duas veias acompanham cada nervo que penetra em um músculo esquelético. Os vasos sangüíneos microscópicos, denominados capilares, estão distribuídos dentro do endomísio. Assim, cada fibra muscular está em contato íntimo com um ou mais capilares. Cada fibra muscular esquelética também faz contato com uma porção de um neurônio motor (célula nervosa) denominada bulbo sináptico terminal (veja a Figura 8.5a).

Histologia

O exame microscópico do músculo esquelético revela que ele consiste de milhares de células alongadas e cilíndricas, dispostas em paralelo umas às outras, denominadas ***fibras musculares*** (Figura 8.2c). Cada fibra é recoberta por uma membrana plasmática denominada ***sarcolema*** (*sarco* = carne; *lemma* = bainha). O citoplasma de uma fibra muscular, denominado sarcoplasma, contém muitos núcleos (multinucleado). No ***sarcoplasma***, há numerosas mitocôndrias. Os grandes números estão relacionados à grande quantidade de energia (ATP) que o tecido muscular deve gerar para se contrair. O sarcoplasma também contém miofibrilas (descritas a seguir), moléculas especiais de alta energia (que também serão descritas brevemente), enzimas e ***retículo sarcoplasmático***, uma rede de túbulos envolvidos por membrana, si-

Figura 8.2 Organização de um músculo esquelético dos níveis macroscópico ao molecular.

A organização estrutural de um músculo esquelético, do macroscópico ao microscópico, é: músculo esquelético, fascículo (feixe de fibras musculares), fibra muscular, miofibrila, miofilamentos delgados e espessos.

De que consiste a banda A? De que consiste a banda I? Onde estão armazenados os íons cálcio (Ca^{2+})?

...lares ao retículo endoplasmático liso (Figura 8.2d). Perpendicularmente ao retículo sarcoplasmático, há ***túbulos transversos*** (***túbulos T***). Os túbulos são extensões do sarcolema em forma de túnel que passam através da fibra muscular e também se abrem no exterior da fibra muscular. As fibras do músculo esquelético também contêm ***mioglobina***, um pigmento avermelhado similar à hemoglobina do sangue. A mioglobina armazena oxigênio até que seja necessário para a mitocôndria gerar ATP.

Cada fibra muscular esquelética é composta de estruturas cilíndricas denominadas ***miofibrilas***, que correm no sentido do comprimento através da fibra muscular. Elas, por sua vez, consistem de dois tipos de estruturas ainda menores denominadas ***miofilamentos delgados*** e ***miofilamentos espessos***.

Os miofilamentos não se estendem por todo o comprimento de uma fibra muscular; eles estão dispostos em compartimentos denominados ***sarcômeros*** (*meros* = parte), que são as unidades funcionais básicas das fibras musculares estriadas (Figura 8.2d). Os sarcômeros são separados um do outro por zonas estreitas de material denso denominadas ***discos Z (linhas)***. Dentro de um sarcômero, há uma área escura denominada ***banda A***, composta principalmente de miofilamentos espessos. Uma estreita ***zona H*** no centro de cada banda A contém miofilamentos espessos, mas não finos. Uma área de cor clara, denominada ***banda I***, é composta de miofilamentos delgados. Essa combinação de bandas A escuras e bandas I claras alternadas dá à fibra muscular seu aspecto estriado (listrado).

Os miofilamentos espessos são compostos principalmente da proteína ***miosina***, que tem forma de dois tacos de golfe entrelaçados. As caudas (cabos do taco de golfe) são dispostas em paralelo para formar a haste do miofilamento espesso. As cabeças dos tacos projetam-se para fora, na superfície da haste. Essas cabeças proeminentes são referidas como ***cabeças de miosina*** ou ***pontes cruzadas*** (Figura 8.3b).

Os miofilamentos delgados são ancorados nos discos Z. Eles são compostos principalmente da proteína ***actina***, disposta em duas faixas isoladas que lembram dois cordões torcidos de pérolas (Figura 8.3c). Cada molécula de actina contém um ***sítio de ligação de miosina***, para a cabeça da miosina. Além da actina, os miofilamentos delgados contêm duas outras moléculas de proteínas, a ***tropomiosina*** e a ***troponina***, que auxiliam a regular a contração muscular. Em uma fibra muscular relaxada, elas bloqueiam os sítios de ligação da miosina.

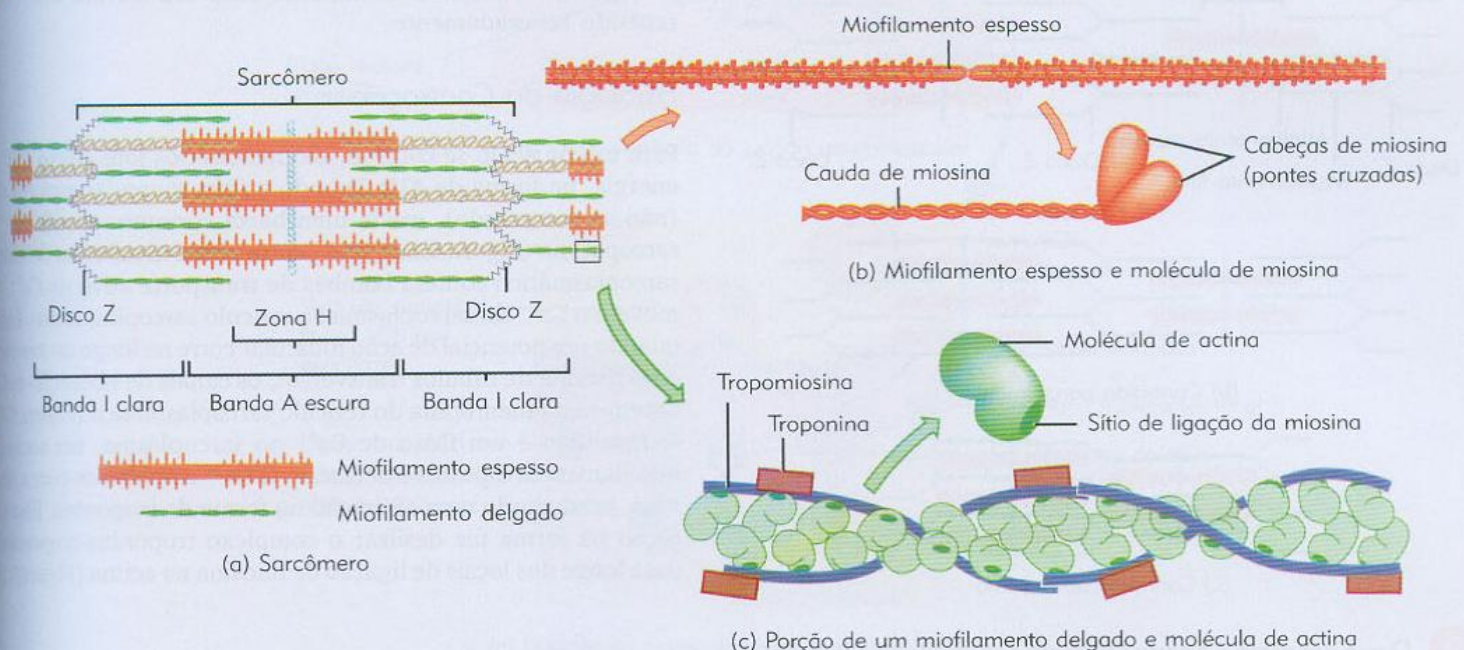
Contração

Objetivo: *Explicar os fatores envolvidos na contração das fibras musculares esqueléticas.*

Mecanismo do Filamento Deslizante

Durante a contração muscular, as cabeças de miosina (pontes cruzadas) puxam os miofilamentos delgados, fazendo-os deslizar para dentro, em direção ao centro de um sarcômero (Figura 8.4). O sarcômero encurta, mas o comprimento dos miofilamentos delgados e espessos em si não se altera. As cabeças de miosina dos

Figura 8.3 Estrutura detalhada dos miofilamentos. (a) A relação dos miofilamentos espessos (miosina) e delgados (actina) em um sarcômero. (b) Cerca de 200 moléculas de miosina compreendem um miofilamento espesso. Todas as caudas de miosina apontam em direção ao centro do sarcômero. (c) Os miofilamentos delgados contêm actina, troponina e tropomiosina.

As miofibrilas contêm miofilamentos espessos e delgados.

Quais proteínas estão presentes na banda A? E na banda I?

miofilamentos espessos conectam-se à actina dos miofilamentos delgados. As cabeças de miosina movem-se como os remos de um bote na superfície dos miofilamentos delgados, e os miofilamentos delgados e espessos deslizam uns sobre os outros. As cabeças de miosina podem puxar os miofilamentos delgados de cada sarcômero tão para dentro em direção ao centro de um sarcômero que elas se sobrepõem. À medida que os miofilamentos delgados deslizam para dentro, os discos Z são trazidos em direção um do outro e o sarcômero é encurtado. O deslizamento dos miofilamentos e o encurtamento dos sarcômeros produzem o encurtamento das fibras musculares. Esse é o ***mecanismo de filamento deslizante*** da contração muscular. Esse processo ocorre somente quando há suficientes íons de cálcio (Ca^{2+}) e um suprimento adequado de energia.

Junção Neuromuscular

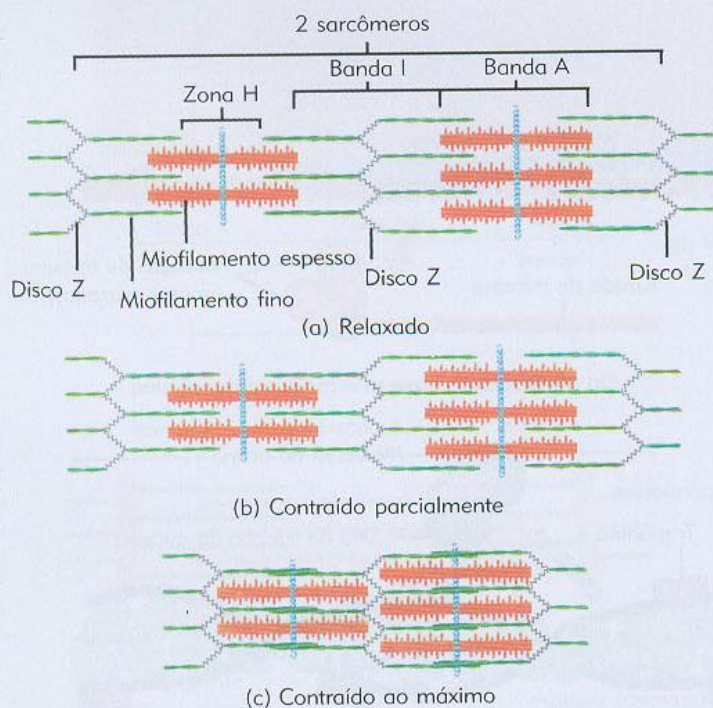
Para uma fibra muscular esquelética se contrair, ela deve ser estimulada por uma célula nervosa ou ***neurônio***. O tipo particular de neurônio que estimula o tecido muscular é denominado ***neurônio motor***. Uma ***unidade motora*** é composta de um neurônio motor e todas as fibras musculares que ele estimula. Um único neurônio motor conecta-se a muitas fibras musculares. A estimulação de um neurônio motor faz todas as fibras musculares daquela unidade motora contraírem-se simultaneamente. Os músculos que controlam os movimentos precisos, como os músculos extrínsecos do olho, possuem menos de 10 fibras musculares em cada unidade motora, mas muitas unidades motoras. Os músculos do corpo que são responsáveis por movimentos grosseiros (exemplos), como o bíceps do braço e o tríceps da perna, podem ter até 2.000 fibras musculares em cada unidade motora, mas poucas unidades motoras.

Quando o axônio de um neurônio motor entra em um músculo esquelético, ele se ramifica em terminais axonais que se aproximam, mas não tocam o sarcolema de uma fibra muscular. Essa região do sarcolema próxima à terminação axonal é conhecida como ***placa motora terminal***. O termo ***junção neuromuscular*** refere-se à terminação axonal de um neurônio motor, junto com a placa motora terminal (Figura 8.5). As extremidades das terminações axonais aumentam em protrusões conhecidas como ***bulbos sinápticos terminais***. Eles contêm sacos denominados ***vesículas sinápticas***, preenchidas com substâncias químicas denominadas ***neurotransmissores***. O espaço entre a terminação axonal e o sarcolema é conhecido como ***fenda sináptica***.

Quando um impulso nervoso (potencial de ação do nervo) atinge uma terminação axonal, os íons Ca^{2+} do líquido intersticial penetram no bulbo sináptico terminal, fazendo as vesículas sinápticas liberarem um neurotransmissor (Figura 8.5c). O neurotransmissor liberado nas junções neuromusculares é a ***acetilcolina*** ou ***ACh***. A ACh difunde-se através da fenda sináptica para se combinar com os receptores de ACh no sarcolema. Isso produz um potencial de ação muscular que corre ao longo do sarcolema e resulta na contração. Os detalhes da geração do impulso nervoso e do potencial de ação muscular serão discutidos no Capítulo 9.

Enquanto a ACh estiver presente na junção neuromuscular, irá estimular a fibra muscular. A estimulação contínua pela ACh é prevenida por uma enzima denominada ***acetilcolinesterase (AChE)***. A AChE é encontrada na fenda sináptica. A AChE inativa a ACh dentro de 1/500 de segundo. Isso permite à fibra muscular preparar-se de modo que outro potencial de ação muscular possa ser gerado. Quando o próximo impulso nervoso vier, as vesículas sinápticas liberarão mais ACh, outro potencial de ação muscular será gerado e a AChE novamente inativará a ACh. Esse ciclo é repetido reiteradamente.

Figura 8.4 Mecanismo de filamento deslizante da contração muscular.

Durante a contração muscular, os miofilamentos delgados movem-se para dentro, em direção à zona H.

O que acontece à banda I quando o músculo se contrai? O comprimento dos miofilamentos espessos e delgados se altera?

Fisiologia da Contração

Para um músculo se contrair, são necessários íons cálcio (Ca^{2+}) e energia, na forma de ATP. Quando a fibra muscular está relaxada (não se contraindo), existe uma baixa concentração de Ca^{2+} no sarcoplasma (Figura 8.6a). Isso ocorre pois a membrana do retículo sarcoplasmático contém bombas de transporte ativo de Ca^{2+}, que movem o Ca^{2+} do sarcoplasma ao retículo sarcoplasmático. Porém, quando um potencial de ação muscular corre ao longo do sarcolema e no sistema de túbulos transversos, os canais de liberação de Ca^{2+} abrem-se na membrana do retículo sarcoplasmático (Figura 8.6b). O resultado é um fluxo de Ca^{2+} no sarcoplasma, em torno dos miofilamentos espessos e delgados. O Ca^{2+} combina-se com a troponina, produzindo uma alteração na forma da troponina. Essa alteração na forma faz deslizar o complexo troponina-tropomiosina para longe dos locais de ligação de miosina na actina (Figura 8.6b).

Figura 8.5 Junção neuromuscular.

A junção neuromuscular refere-se ao contato entre a terminação axonal de um neurônio motor e sua placa motora terminal.

(a) Diagrama da junção neuromuscular

(b) Vista ampliada da junção neuromuscular

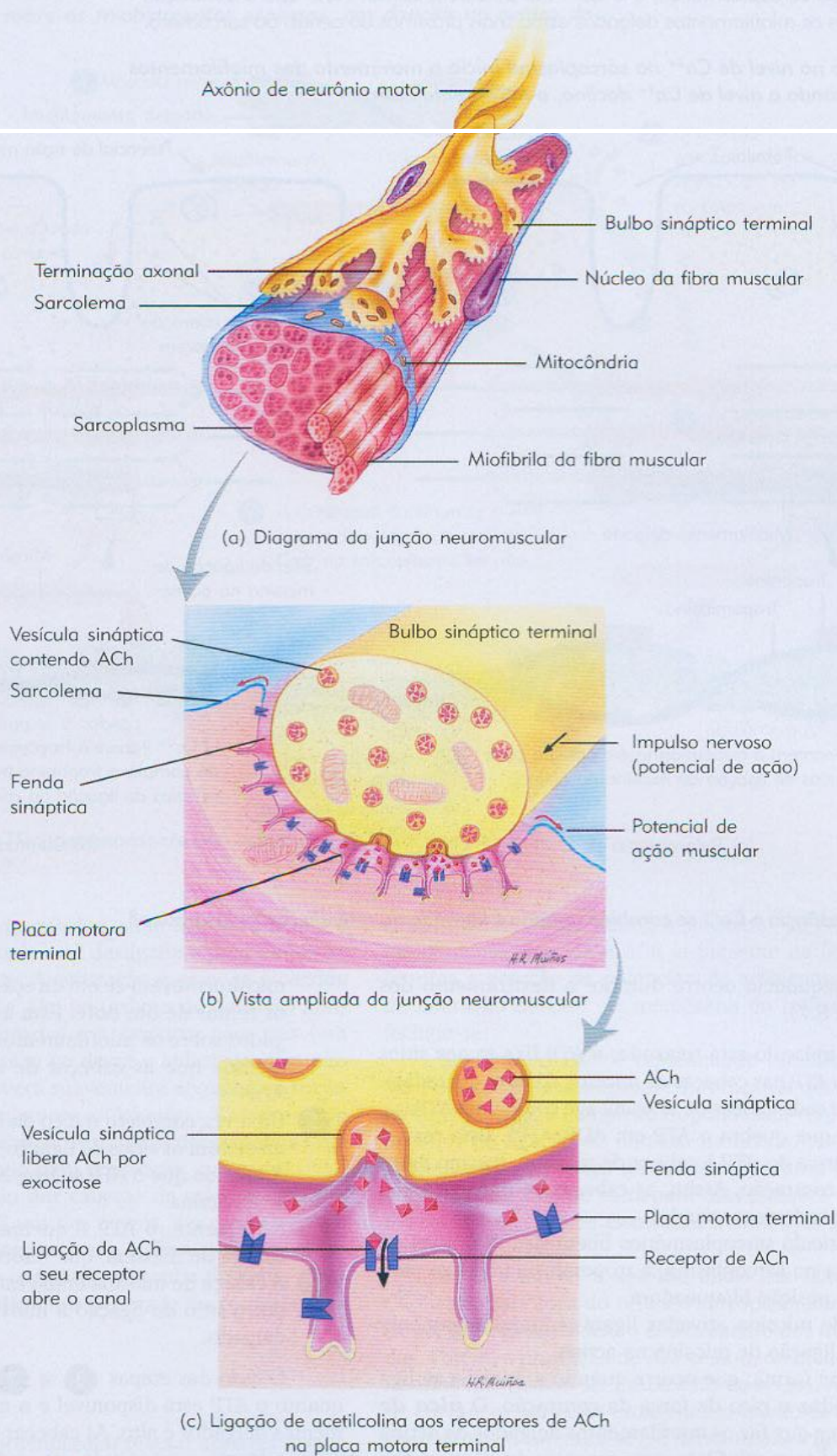
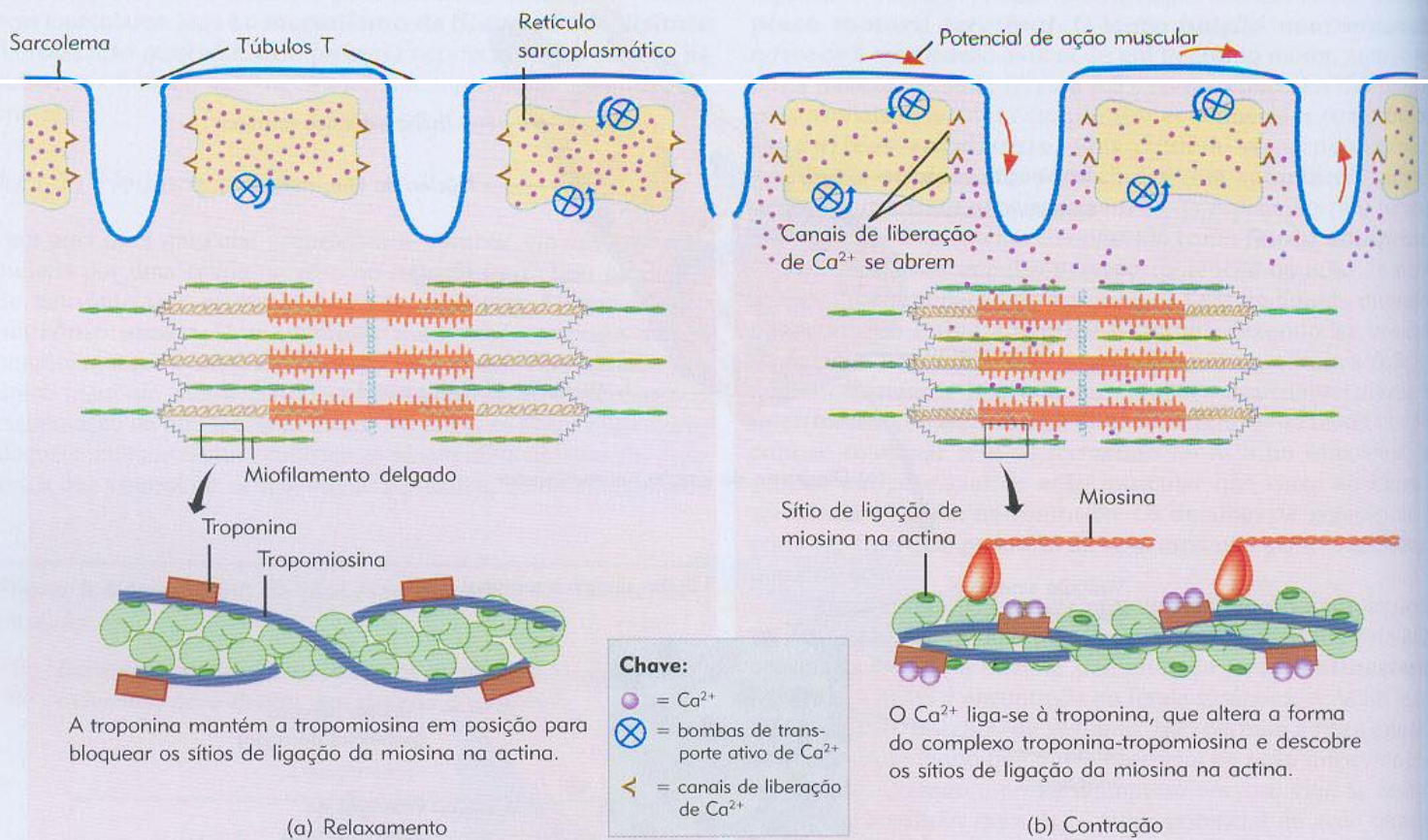
(c) Ligação de acetilcolina aos receptores de ACh na placa motora terminal

O que é a placa motora terminal?

Figura 8.6 Regulação da contração pela troponina e pela tropomiosina quando o nível de Ca^{2+} se altera. (a) O nível de Ca^{2+} no sarcoplasma é baixo durante o relaxamento, pois ele é bombeado no retículo sarcoplasmático por bombas de transporte ativo de Ca^{2+}. (b) Um potencial de ação muscular correndo ao longo de um túbulo transverso abre os canais de liberação de cálcio, no retículo sarcoplasmático, e o Ca^{2+} flui ao sarcoplasma. Note que a contração está ocorrendo, pois os miofilamentos delgados estão mais próximos do centro do sarcômero.

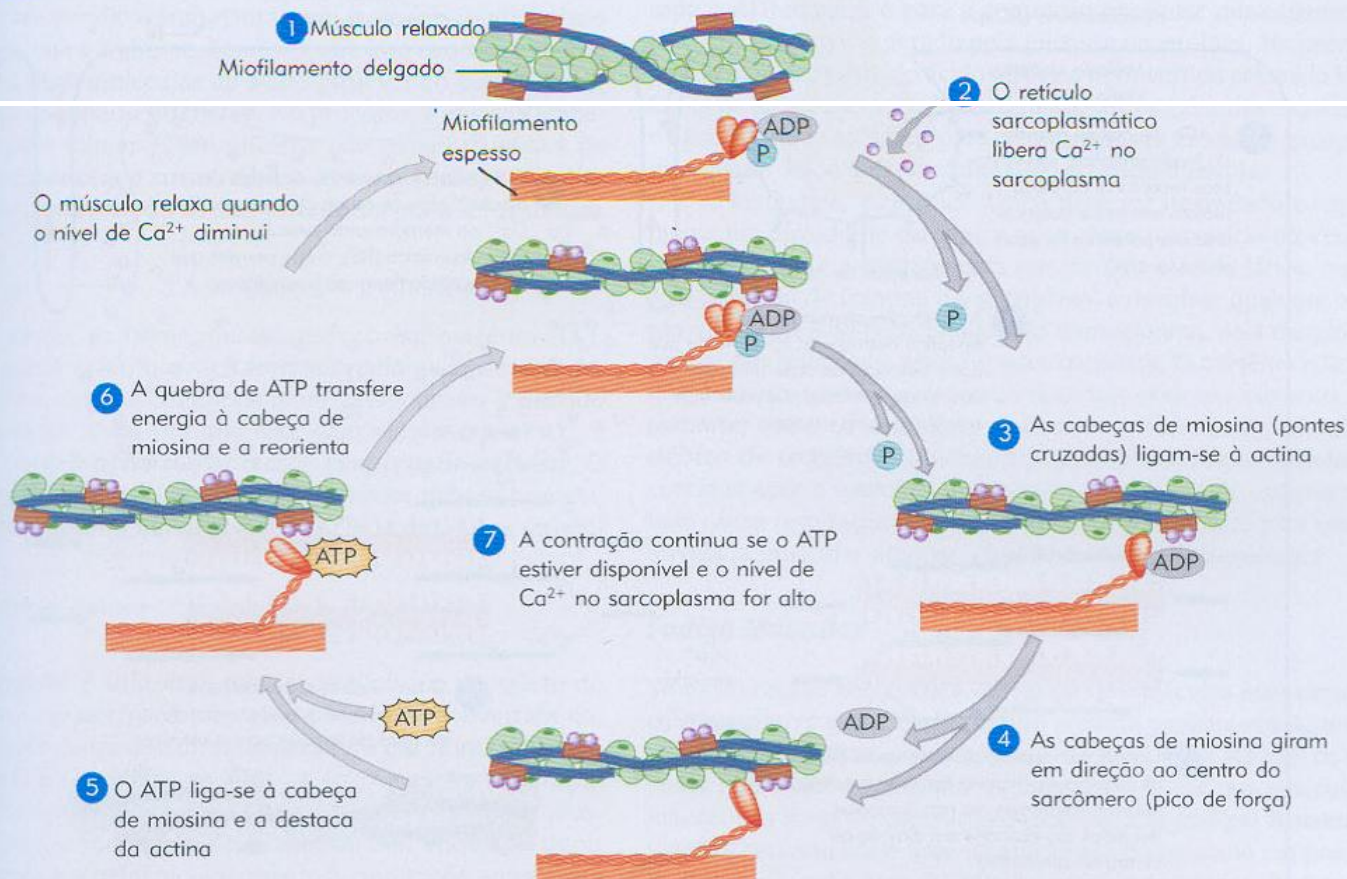
Um aumento no nível de Ca^{2+} no sarcoplasma inicia o movimento dos miofilamentos delgados; quando o nível de Ca^{2+} declina, o movimento cessa.

P ***Com que substância o Ca^{2+} se combina quando é liberado do retículo sarcoplasmático?***

A seguinte seqüência ocorre durante o deslizamento dos filamentos (Figura 8.7):

1. Quando um músculo está relaxado, o ATP fixa-se aos sítios de ligação do ATP nas cabeças de miosina (pontes cruzadas). Uma parte de cada cabeça de miosina age como uma ATPase, uma enzima que quebra o ATP em ADP + Ⓟ. Esta reação transfere energia do ATP à cabeça de miosina, mesmo antes do início da contração. Assim, as cabeças de miosina estão em estado ativado (energizado).
2. Quando o retículo sarcoplasmático libera Ca^{2+} e o nível de Ca^{2+} aumenta no sarcoplasma, a tropomiosina desliza para longe de sua posição bloqueadora.
3. As cabeças de miosina ativadas ligam-se simultaneamente aos sítios de ligação de miosina na actina.
4. A alteração na forma, que ocorre quando a miosina se liga à actina, produz o pico de força da contração. O ***pico de força*** é a força que faz os miofilamentos delgados da actina deslizarem sobre os miofilamentos espessos de miosina. Em outras palavras, durante o pico de força, as cabeças de miosina movem-se em direção ao centro do sarcômero como os remos de um bote. Esta ação traz os miofilamentos delgados sobre os miofilamentos espessos de um sarcômero. À medida que as cabeças de miosina se recolhem, liberam ADP.
5. Uma vez completo o pico de força, o ATP novamente combina-se com os sítios de ligação do ATP nas cabeças de miosina. À medida que o ATP se liga, as cabeças de miosina separam-se da actina.
6. Novamente, o ATP é quebrado, fornecendo sua energia à cabeça de miosina, que retorna à sua posição original.
7. A cabeça de miosina então está pronta para se combinar com outro sítio de ligação à miosina, ao longo do miofilamento delgado.

O ciclo das etapas 3 a 7 repete-se reiteradamente enquanto o ATP está disponível e o nível de Ca^{2+} junto aos miofilamentos delgados é alto. As cabeças de miosina se mantêm rotando para a frente e para trás em cada pico de força, puxando os miofilamentos finos em direção à zona H. A qualquer momento

Figura 8.7 Papel do ATP e o pico de força da contração muscular. Os sarcômeros encurtam-se em ciclos repetidos, em que as cabeças de miosina (pontes cruzadas) fixam-se à actina, giram em direção ao centro do sarcômero e destacam-se.

Durante o pico de força da contração, as cabeças de miosina giram e movem os miofilamentos delgados sobre os miofilamentos espessos, em direção ao centro do sarcômero.

O que aconteceria se o ATP repentinamente não estivesse disponível após o sarcômero ter começado a encurtar?

cerca de metade das cabeças de miosina estão ligadas à actina e estão em rotação. A outra metade está desligada e preparando-se para fazer a rotação novamente. A contração é análoga à corrida em uma esteira não-motorizada. Um pé (cabeça de miosina) atinge a esteira (miofilamento delgado) e a empurra para trás (em direção à zona H). Então, o outro pé desce e aplica um segundo impulso. Logo, a esteira se moverá suavemente enquanto o corredor (miofilamento espesso) permanece estacionário. E, assim como as pernas de um corredor, as cabeças de miosina necessitam de um suprimento constante de energia para prosseguir correndo!

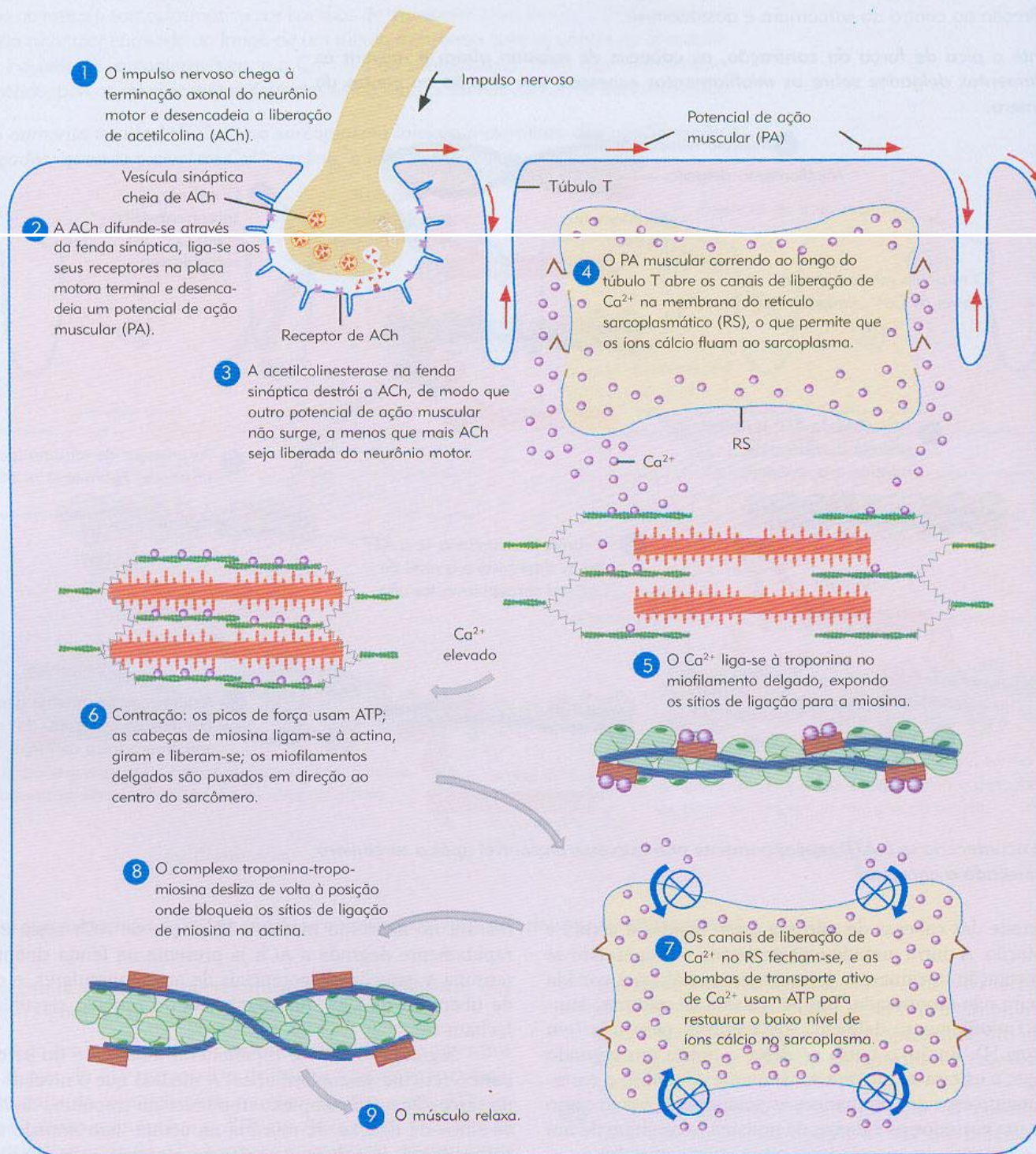
Esse movimento contínuo das cabeças de miosina aplica a força que aproxima os discos Z uns dos outros, e o sarcômero encurta. Assim, as miofibrilas contraem-se, e a fibra muscular como um todo encurta-se. Durante a contração muscular máxima, a distância entre os discos Z pode diminuir à metade do comprimento de repouso.

Relaxamento

Duas alterações permitem à fibra muscular relaxar após ter se contraído. Primeira, a acetilcolina é rapidamente degradada pela enzima acetilcolinesterase (AChE). Quando os potenciais de ação cessam no neurônio motor, a liberação de ACh cessa e a AChE rapidamente degrada a ACh já presente na fenda sináptica. Isso termina a geração de potenciais de ação musculares, e os canais de liberação de Ca^{2+} na membrana do retículo sarcoplasmático fecham-se.

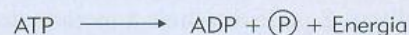
Segunda, o Ca^{2+} é rapidamente removido do sarcoplasma para o retículo sarcoplasmático. À medida que o nível de Ca^{2+} cai no sarcoplasma, o complexo tropomiosina-troponina desliza sobre os sítios de ligação de miosina na actina. Isso impede a ligação subseqüente da cabeça de miosina à actina, e os miofilamentos delgados deslizam de volta para suas posições relaxadas. A Figura 8.8 resume os eventos associados à contração e ao relaxamento de uma fibra muscular.

Após a morte, a autólise inicia nas fibras musculares, e o Ca^{2+} vaza para fora do retículo sarcoplasmático. O Ca^{2+} liga-se à troponina e desencadeia o deslizamento dos miofilamentos delgados. Porém, a produção de ATP cessou, de modo que as cabeças de miosina não podem ser destacadas da actina. A condição resultante, em que os músculos estão em um estado de rigidez (não podem contrair-se ou estender-se), é denominada ***rigor mortis*** (rigidez da morte). O *rigor mortis* dura cerca de 24 horas, mas desaparece à medida que os tecidos começam a desintegrar-se.

Figura 8.8 Resumo dos eventos da contração e do relaxamento.

Energia para a Contração

As fibras musculares esqueléticas, ao contrário de outras células do corpo, alternam-se entre a inatividade virtual e a atividade contínua. Embora o ATP seja a fonte imediata de energia para a contração muscular, as fibras musculares usualmente contêm somente ATP suficiente para manter a atividade por cerca de 5 segundos. As fibras musculares esqueléticas contêm uma molécula de alta energia, denominada ***fosfato de creatina***, que pode ser usada para produzir mais ATP rapidamente durante o exercício prolongado.

O ATP é quebrado em ADP + Ⓟ, e a energia é liberada como segue:

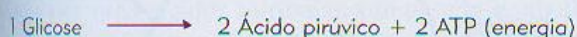
ATP ⟶ ADP + Ⓟ + Energia

O fosfato de creatina degrada-se em creatina e fosfato e, no processo, grandes quantidades de energia são liberadas como segue:

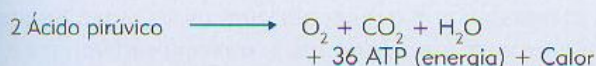
Fosfato de creatina ⟶ Creatina + Fosfato + Energia

A energia liberada é usada para converter ADP em ATP, e então o ATP é usado como uma fonte de energia para a contração. Esse

mecanismo fornece energia suficiente para os músculos se contraírem ao máximo por cerca de 15 segundos, como em uma corrida de 100 metros. Em outras palavras, ele é bom para surtos máximos e curtos de atividade.

Quando a atividade muscular continua de modo que, mesmo com o suprimento de fosfato de creatina sendo exaurido, a glicose deve ser degradada. Os músculos esqueléticos armazenam glicose em forma de glicogênio. Durante o exercício, o glicogênio é convertido de volta à glicose. Uma vez que isso ocorre, a glicose é quebrada em duas moléculas de ácido pirúvico no sarcoplasma, um processo denominado ***glicólise***. No processo, a energia é liberada e usada para formar ATP. A glicólise não requer oxigênio, de modo que é um ***processo anaeróbico***. Por esta razão, a glicólise é referida como ***respiração anaeróbica***. Ela pode ser resumida como segue:

1 Glicose ⟶ 2 Ácido pirúvico + 2 ATP (energia)

Normalmente, as fibras musculares contêm oxigênio (O_2). Isso permite que o ácido pirúvico formado pela glicólise penetre nas mitocôndrias, onde é completamente catabolizado a dióxido de carbono e água. Uma vez que esta degradação requer O_2, é referida como ***respiração aeróbica*** ou ***respiração celular***. O catabolismo completo do ácido pirúvico também produz energia, que é usada para gerar a maior parte do ATP de uma fibra muscular.

2 Ácido pirúvico ⟶ O_2 + CO_2 + H_2O + 36 ATP (energia) + Calor

Se o oxigênio é suficiente para o catabolismo completo do ácido pirúvico, a maior parte do ácido pirúvico é convertida em ácido lático, parte do qual se difunde para fora das fibras musculares e no sangue. A respiração anaeróbica (glicólise) e a respiração aeróbica (respiração celular) juntas permitem uma atividade muscular prolongada, como a corrida, e continuarão enquanto durarem os nutrientes e o oxigênio adequado. A respiração anaeróbica pode fornecer energia suficiente para cerca de 30 segundos de atividade muscular máxima, como uma corrida de 400 metros.

Princípio do Tudo-ou-nada

O estímulo mais fraco a um neurônio que ainda pode iniciar uma contração é denominado ***estímulo limiar***. De acordo com o ***princípio do tudo-ou-nada***, quando um estímulo limiar ou maior é aplicado, as fibras musculares individuais de uma unidade motora contraem-se até sua maior extensão, ou não se contraem de modo algum. Em outras palavras, as ***fibras musculares individuais*** não se contraem parcialmente. Isso não significa que o músculo inteiro deva estar completamente relaxado ou completamente contraído pois, das muitas unidades motoras que compreendem o músculo inteiro, algumas estão se contraindo e algumas estão se relaxando. Assim, o músculo inteiro pode-se contrair em maior ou menor grau. A força de contração pode ser diminuída pela fadiga, pela falta de nutrientes ou pela falta de oxigênio.

Homeostase

Objetivo: *Explicar a relação do tecido muscular com a homeostase.*

O tecido muscular desempenha um papel vital na manutenção da homeostase corporal. Três exemplos são a relação do tecido muscular com o oxigênio, com a fadiga e com a produção de calor.

Débito de Oxigênio

Durante o exercício, os vasos sangüíneos nos músculos dilatam-se, o fluxo sangüíneo é aumentado e a disponibilidade de oxigênio aumenta. Porém, quando o esforço muscular é muito intenso, o oxigênio não pode ser suprido às fibras musculares suficientemente rápido, e a degradação aeróbica do ácido pirúvico não pode produzir todo o ATP requerido para a contração muscular subseqüente. Então, ATP adicional é gerado pela glicólise anaeróbica. No processo, porém, a maior parte do ácido pirúvico é convertida em ácido lático. Cerca de 80% deste ácido lático difunde-se dos músculos esqueléticos e é transportado ao fígado para reconversão em glicose ou glicogênio, mas algum ácido lático acumula-se no tecido muscular.

Finalmente, este ácido lático deve ser degradado completamente em dióxido de carbono e água. Após o exercício ter cessado, oxigênio extra é requerido para metabolizar o ácido lático, repor o ATP, o fosfato de creatina e o glicogênio, e devolver qualquer oxigênio que tenha sido emprestado pela hemoglobina, pela mioglobina, pelo ar nos pulmões e pelos líquidos corporais. O oxigênio adicional que deve ser captado pelo corpo após um exercício vigoroso, para restaurar todos os sistemas a seus estados normais é denominado ***débito de oxigênio***. O débito é pago pela respiração forçada, que continua após o exercício ter cessado. Assim, o ácido lático acumulado causa respiração forçada e desconforto suficiente para cessar a atividade muscular até que a homeostase seja restabelecida.

Fadiga Muscular

Se um músculo esquelético ou grupo de músculos esqueléticos é continuamente estimulado por um período prolongado de tempo, a contração torna-se progressivamente mais fraca até que os músculos não mais respondam. A incapacidade de um músculo de manter sua força de contração é denominada ***fadiga muscular***. Ela está relacionada a uma incapacidade do músculo em produzir energia suficiente para atender às suas necessidades. Embora seu mecanismo exato não seja completamente compreendido, ela pode estar relacionada ao oxigênio insuficiente, esgotamento de glicogênio e/ou acúmulo de ácido lático. O ácido lático aumentado causaria uma diminuição no pH do meio celular. Assim, a fadiga muscular pode ser encarada como um mecanismo homeostático que previne a queda dos níveis de pH abaixo da faixa normal aceitável para a homeostase das células.

Produção de Calor

Os mecanismos homeostáticos são usados para regular a temperatura corporal (como descrito no Capítulo 5). Da energia total liberada durante a contração muscular, somente uma pequena quantidade é usada para o trabalho mecânico (contração). Até 85% é liberada como calor, para auxiliar a manter a temperatura normal do corpo. A perda excessiva de calor pelo corpo resulta em calafrios, um aumento na contração muscular o que aumenta a velocidade da produção de calor em várias centenas de porcentagem, como o esforço para elevar a temperatura do corpo de volta ao normal.

Tipos de Contrações

Objetivo: *Descrever os vários tipos de contrações musculares.*

Os músculos esqueléticos produzem diferentes tipos de contrações, dependendo da freqüência com que são estimulados.

Contração Rápida

Essa ***contração*** é uma contração breve de todas as fibras musculares em uma unidade motora, em resposta a um único potencial de ação em seu neurônio motor. A Figura 8.9a é um gráfico (***miograma***) de uma contração rápida. Note que existe um breve período entre a aplicação do estímulo e o início da contração, o ***período latente***. Durante esse tempo, o Ca^{2+} é liberado do retículo sarcoplasmático e a atividade das cabeças de miosina inicia-se. A segunda fase é o ***período de contração*** (o traçado para cima) e a terceira fase, o ***período de relaxamento*** (o traçado para baixo). Todos os períodos são muito curtos para os músculos que movem os olhos, mas maiores para os grandes músculos do membro inferior.

Se dois estímulos são aplicados, um imediatamente após o outro, o músculo responderá ao primeiro estímulo mas não ao segundo. Quando a fibra muscular recebe estimulação suficiente para se contrair, perde temporariamente sua excitabilidade e não pode se contrair novamente, até que sua responsividade seja readquirida. Esse período de excitabilidade perdida é o ***período refratário***. O músculo esquelético possui um período refratário curto. O músculo cardíaco possui um período refratário longo.

Tetania

Quando dois estímulos são aplicados mas o segundo é retardado até que o período refratário tenha cessado, o músculo esquelético responderá a ambos os estímulos. De fato, se o segundo estímulo for aplicado após o período refratário, mas antes de o músculo ter completado seu relaxamento, a segunda contração será mais forte que a primeira. Esse fenômeno, em que os estímulos chegam em momentos diferentes, é denominado ***somação de ondas*** (Figura 8.9b).

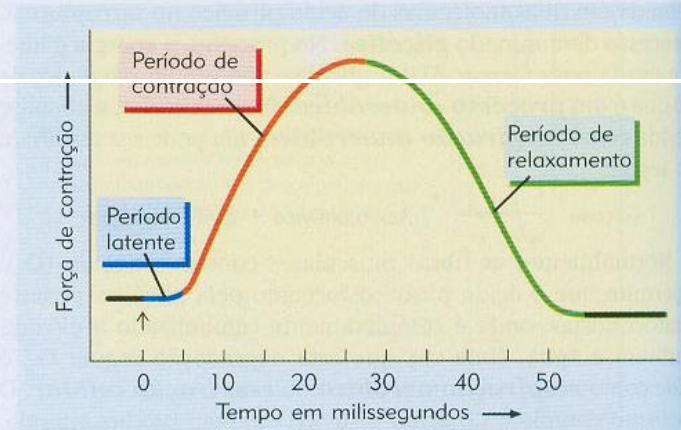
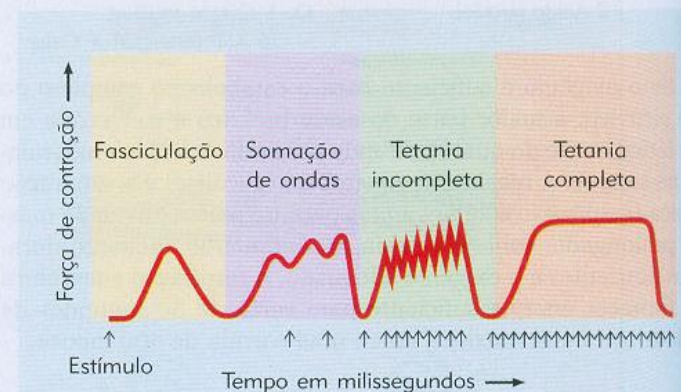
Se um músculo humano acidentalmente receber um choque (eletrocutado) ou um músculo de rã for eletricamente estimulado em um laboratório em uma velocidade de 20 a 30 estímulos por segundo, o músculo pode apenas relaxar parcialmente entre os estímulos. Como resultado, o músculo mantém uma contração sustentada denominada ***tetania incompleta*** (Figura 8.9b). A estimulação em uma velocidade maior (80 a 100 estímulos por segundo) resulta na ***tetania completa***, uma contração sustentada em que não ocorre nem mesmo um relaxamento parcial entre os estímulos (Figura 8.9b). Os dois tipos de tetania resultam da liberação adicional de íons Ca^{2+} pelo segundo estímulo, enquanto íons Ca^{2+} do primeiro estímulo ainda estão no sarcoplasma. Isso causa uma rápida sucessão de contrações separadas. O relaxamento é parcial ou não ocorre. As contrações voluntárias, como a contração do músculo bíceps do braço para fletir o antebraço, são contrações tetânicas. De fato, a maior parte de nossas contrações musculares são contrações tetânicas breves e, assim, são as contrações suaves sustentadas.

Isotônica e Isométrica

Em uma ***contração isotônica*** (*iso* = igual; *tonos* = tensão), o músculo encurta-se e puxa outra estrutura, como um osso, para produzir movimento. Durante esse tipo de contração, a tensão permanece constante e energia é consumida. Pegar um livro de uma prateleira é um exemplo de uma contração isotônica.

Em uma contração isométrica, existe um encurtamento mínimo do músculo, mas a tensão no músculo aumenta bastante.

Figura 8.9 Miogramas de várias contrações. (a) Contração rápida. A seta em 0 indica o ponto em que o estímulo é aplicado. (b) Comparação entre contração rápida, somação de ondas, tetania incompleta e tetania completa. As setas pequenas indicam os pontos em que os estímulos são aplicados.

Um miograma é um registro de uma contração muscular.

(a) Contração rápida

(b) Comparação de várias contrações

Durante que período os sarcômeros ficam menores?

Segurar um livro em sua mão ao lado do corpo é um exemplo de uma contração isométrica. Embora as contrações isométricas não resultem em movimento corporal, a energia ainda é consumida. As contrações isométricas são importantes nos movimentos corporais, pois elas estabilizam algumas articulações enquanto outras são movimentadas.

Tônus Muscular

Objetivo: *Definir o tônus muscular e descrever as anormalidades relacionadas a ele.*

Um músculo pode estar em um estado de contração parcial, mesmo que as fibras musculares operem em uma base de tudo-ou-nada. Sob condições normais, em qualquer dado tempo, algumas fibras em um músculo estão contraídas enquanto outras estão relaxadas. Essa contração enrijece um músculo, mas pode não haver fibras

suficientes contraindo-se no momento para produzir movimento. As fibras contraindo-se em tempos diferentes (recrutamento) permitem que a contração seja sustentada por longos períodos.

Uma contração parcial sustentada de partes de um músculo esquelético resulta no ***tônus muscular*** (*tonos* = tensão). O tônus é essencial para manter a postura. Por exemplo, quando os músculos da nuca estão em contração tônica, eles impedem a cabeça de cair para a frente, mas não aplicam força suficiente para puxar a cabeça completamente para trás.

As anormalidades do tônus muscular são referidas como hipotonia ou hipertonia. A ***hipotonia*** significa tônus muscular diminuído ou ausente. Esses músculos são considerados como ***flácidos***. Os músculos flácidos são frouxos, e seu contorno normal arredondado é substituído por um aspecto achatado.

A ***hipertonia*** significa tônus muscular aumentado, e é caracterizada por uma rigidez muscular aumentada e, algumas vezes, associada a uma alteração nos reflexos normais.

Atrofia Muscular e Hipertrofia

A ***atrofia muscular*** refere-se a uma perda muscular. As fibras musculares individuais diminuem de tamanho, devido a uma perda progressiva das miofibrilas. Os músculos atrofiam-se quando não são usados (***atrofia por desuso***). Os indivíduos acamados e pessoas com aparelho de gesso podem apresentar atrofia, pois o fluxo de impulsos nervosos ao músculo inativo é grandemente reduzido. Se o suprimento nervoso a um músculo é interrompido, ele sofrerá atrofia completa (***atrofia por denervação***). Em cerca de 6 meses a 2 anos, o músculo terá um quarto de seu tamanho original, e as fibras musculares serão substituídas por tecido fibroso. A transição para o tecido fibroso, quando completa, não pode ser revertida.

A ***hipertrofia muscular*** é o inverso da atrofia. Ela é um aumento nos diâmetros das fibras musculares, devido à produção de mais miofibrilas, mitocôndrias, retículo sarcoplasmático, nutrientes e moléculas fornecidas de energia (ATP e fosfato de creatina). Os músculos hipertróficos resultam de uma atividade muscular muito rigorosa, ou de uma atividade muscular repetitiva em níveis moderados. Acredita-se que o número de fibras musculares não aumente após o nascimento. Durante a infância, o aumento no *tamanho* das fibras musculares parece estar ao menos parcialmente sob o controle do hormônio de crescimento humano (hGH), que é produzido pela adeno-hipófise anterior. Um aumento subseqüente no *tamanho* das fibras musculares parece ser devido ao hormônio testosterona, produzido pelos testículos. A influência da testosterona provavelmente responda pelos músculos geralmente maiores em homens que em mulheres. As contrações musculares mais rigorosas, como no levantamento de peso, também contribuem para músculos maiores.

Tecido Muscular Cardíaco

Objetivo: *Descrever a estrutura e a função do tecido muscular cardíaco.*

A parede do coração é composta principalmente de ***tecido muscular cardíaco***. Embora ele tenha aspecto estriado como o músculo esquelético, é involuntário (Figura 8.10). Ao contrário das fibras musculares esqueléticas, que contêm vários núcleos localizados perifericamente, as células do músculo cardíaco possuem somente um único núcleo centralmente localizado. As fibras musculares cardíacas também são mais curtas no comprimento, maiores no diâmetro e mais quadradas que circulares no corte transversal. As fibras musculares cardíacas também exibem ramificações.

As fibras musculares cardíacas formam duas redes separadas. As paredes musculares e a divisão das câmaras superiores (átrios) do coração compõem uma rede. As paredes musculares e a divisão das câmaras inferiores (ventrículos) do coração compõem a outra rede. Dentro de cada rede, as fibras musculares cardíacas ramificam-se e interconectam-se umas com as outras. Ao mesmo tempo, cada fibra em uma rede está conectada à fibra seguinte por um espessamento transverso irregular do sarcolema, denominado ***disco intercalar*** (*intercalere* = inserir entre) (Figura 8.10). Estes discos contêm ***junções comunicantes***, que auxiliam a conduzir os potenciais de ação musculares de uma fibra muscular à outra. Quando uma única fibra em uma rede é estimulada, todas as fibras na rede são estimuladas. Assim, cada rede contrai-se como uma unidade funcional.

Em condições normais de repouso, o tecido muscular cardíaco contrai-se e relaxa-se rápida, contínua e ritmicamente cerca de 75 vezes por minuto, sem parar. Essa é a principal diferença fisiológica entre o tecido muscular cardíaco e o esquelético. Assim, o tecido muscular cardíaco requer um suprimento constante de oxigênio. A geração de energia ocorre nas numerosas e grandes mitocôndrias. Outra diferença é a fonte da estimulação. Enquanto o tecido muscular esquelético comumente se contrai apenas quando estimulado por um impulso nervoso, o tecido muscular cardíaco pode contrair-se sem estimulação nervosa extrínseca (externa). Ele é estimulado pelo marca-passo* e por um tecido condutor especializado, intrínseco (interno) na parede do coração. A estimulação nervosa meramente faz o tecido condutor aumentar ou diminuir seu ritmo de descarga. Essa auto-excitação espontânea, rítmica, é denominada ***auto-ritmicidade***. Embora todas as fibras musculares cardíacas tenham auto-ritmicidade, o marca-passo dispara em uma freqüência maior que as outras fibras musculares cardíacas e, assim, estabelece o ritmo de contração para todo o coração.

O tecido muscular cardíaco também tem um longo período refratário, o que permite ao coração relaxar entre os batimentos. O período refratário longo permite que o ritmo cardíaco seja aumentado significativamente, mas impede o próprio coração de sofrer uma tetania incompleta ou completa. A tetania do músculo cardíaco cessaria o fluxo sangüíneo através do corpo e resultaria em morte.

Tecido Muscular Liso

Objetivo: *Descrever a estrutura e a função do tecido muscular liso.*

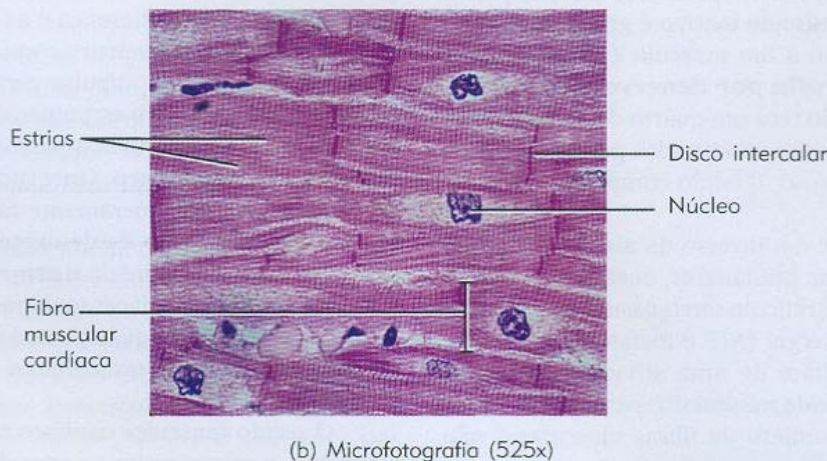
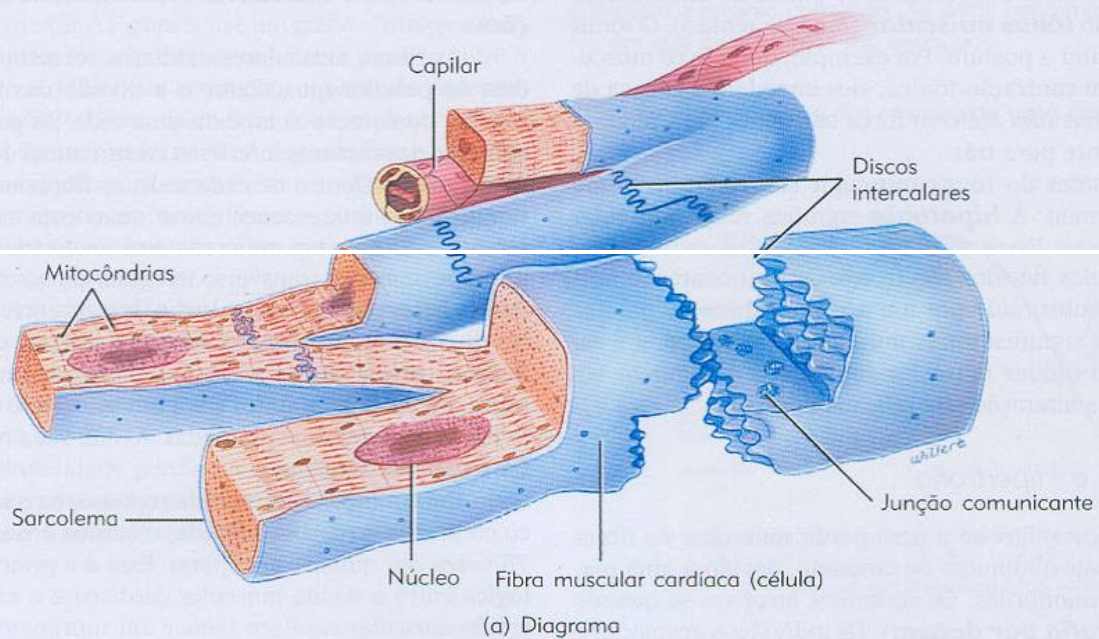
Assim como o tecido muscular cardíaco, o ***tecido muscular liso*** é involuntário. As fibras musculares lisas são consideravelmente menores que as fibras musculares esqueléticas.

*O "marca-passo" referido aqui, também denominado nó (nodo) sinoatrial, é composto de fibras musculares especializadas no átrio direito do coração, e controla o ritmo dos impulsos elétricos que produzem o batimento cardíaco. Não confunda este marca-passo "natural" com o dispositivo eletrônico que algumas vezes é implantado em pacientes cardiopatas para restaurar o batimento cardíaco normal.

Figura 8.10 Histologia do tecido muscular cardíaco.

 O tecido muscular cardíaco é estriado e involuntário.

(a) Diagrama

(b) Microfotografia (525x)

 Qual característica do tecido muscular cardíaco impede-o de sofrer tetania?

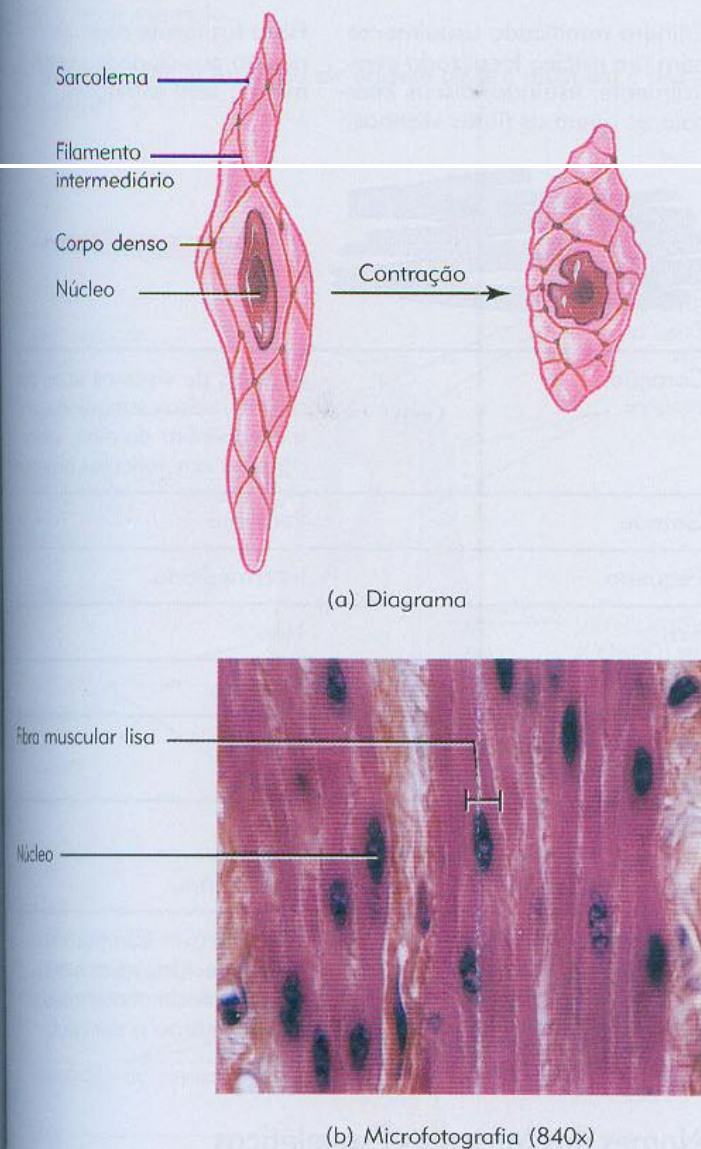
As fibras são mais largas em sua porção média e afiladas em ambas as extremidades; dentro de cada fibra há um núcleo único, oval, centralmente localizado (Figura 8.11). Além dos miofilamentos espessos delgados, as fibras musculares lisas também contêm ***filamentos intermediários***. Nenhum destes vários miofilamentos possui um padrão regular, e assim, elas são não-estriadas ou lisas.

Os filamentos intermediários distendem-se entre estruturas denominadas ***corpos densos***, que são similares aos discos Z. Algumas estão fixadas no sarcolema; outras estão dispersas no sarcoplasma. Na contração, aquelas fixadas no sarcolema causam um encurtamento da fibra no comprimento. Note, na Figura 8.11, como isso produz uma aparência vesicular.

Existem dois tipos de tecido muscular liso, visceral e multiunitário. O tipo mais comum é o ***tecido muscular visceral*** (***uma só unidade***). Ele é encontrado nas lâminas de revestimento que formam parte das paredes das artérias e veias pequenas e das vísceras ocas como o estômago, os intestinos, o útero e a bexiga urinária. As fibras no tecido muscular visceral são unidas fortemente para formar uma rede contínua. Elas contêm junções comunicantes para facilitar a condução do potencial de ação muscular entre as fibras. Quando um neurônio estimula uma fibra, o potencial de ação muscular corre sobre as outras fibras, de modo que a contração ocorre em uma onda sobre muitas fibras adjacentes. Enquanto as fibras musculares esqueléticas contraem-se como unidades individuais, as células musculares viscerais contraem-se em seqüência, à medida que o potencial de ação se espalha de uma célula à outra.

Figura 8.11 Histologia do tecido muscular liso. Destacada em (a) está uma fibra muscular lisa antes da contração (à esquerda) e após a contração (à direita).

(a) Diagrama

(b) Microfotografia (840x)

Que tipo de tecido muscular liso é encontrado nas paredes dos órgãos ocos?

O segundo tipo de tecido muscular liso, ***tecido muscular liso multiunitário***, consiste de fibras individuais. Cada uma tem suas próprias terminações nervosas motoras. Enquanto a estimulação de uma única fibra muscular visceral causa a contração de muitas fibras adjacentes, o estímulo de uma única fibra multiunitária causa a contração somente daquela fibra, como no músculo esquelético. O tecido muscular liso multiunitário é encontrado nas paredes das grandes artérias, na grande via aérea para os pulmões, nos músculos eretores do pêlo fixados nos folículos pilosos e nos músculos intrínsecos do olho.

O tecido muscular liso apresenta várias diferenças fisiológicas importantes em relação ao tecido muscular estriado. Primeira, a duração da contração das fibras musculares lisas é de 5 a 500 vezes maior que nas fibras musculares esqueléticas. Segunda, o tecido muscular liso pode suportar um tônus sustentado, prolongado, que é importante no trato gastrintestinal (onde a parede do trato mantém uma pressão constante sobre seu conteúdo), nas paredes dos vasos sangüíneos denominados arteríolas, que mantêm uma pressão constante no sangue, e na parede da bexiga urinária, que mantém uma pressão constante na urina.

O músculo liso não está sob controle voluntário. Algumas fibras musculares lisas contraem-se em resposta a impulsos nervosos do sistema nervoso autônomo (involuntário). Outras contraem-se em resposta a hormônios ou fatores locais como o pH, o nível de oxigênio e de dióxido de carbono, a temperatura e as concentrações iônicas.

Finalmente, ao contrário das fibras musculares esqueléticas, as fibras musculares lisas podem distender-se consideravelmente sem ficar tensas ou romper. Isso é importante, pois permite ao músculo liso acomodar grandes alterações no tamanho, enquanto ainda retém a capacidade de se contrair. O músculo liso na parede de órgãos ocos como o útero, o estômago, os intestinos e a bexiga urinária pode distender-se à medida que a víscera aumenta, enquanto a pressão dentro dela permanece a mesma.

O Quadro 8.1 apresenta um resumo das principais características dos três tipos de tecido muscular.

Como os Músculos Esqueléticos Produzem Movimento

Objetivo: *Descrever como os músculos esqueléticos produzem movimento.*

Origem e Inserção

Com base na descrição do tecido muscular, podemos definir o ***músculo esquelético*** como um órgão composto de vários tipos diferentes de tecidos. Estes incluem o tecido muscular esquelético, o tecido vascular (vasos sangüíneos e sangue), o tecido nervoso (neurônios motores) e vários tecidos conjuntivos.

Os músculos esqueléticos produzem movimentos tracionando os tendões, que, em seu turno, tracionam os ossos. A maioria dos músculos atravessa pelo menos uma articulação e eles estão nos ossos em conexão e que formam a articulação (Figura 8.12). Quando o músculo se contrai, ele traciona um osso em direção ao outro. Os dois ossos não se movem igualmente. Um é mantido quase em sua posição original; a fixação de um tendão muscular no osso estacionário é denominada ***inserção de origem***. A fixação do outro tendão muscular no osso móvel é a ***inserção terminal***. Uma boa analogia é a dobradiça de uma porta. A parte fixada na porta representa a inserção terminal; a parte fixada no batente é a inserção de origem. A porção carnosa do músculo entre os tendões é denominada ventre ou ***corpo (gaster)***.

Ações em Grupo

A maioria dos movimentos requer vários músculos esqueléticos agindo em grupo, em vez de individualmente. Além disso, a maioria dos músculos esqueléticos está disposta em pares opostos nas articulações, isto é, flexores-extensores, abdutores-adutores, e assim por diante. A flexão do cotovelo é um exemplo. Um músculo que causa uma ação desejada é referido como ***autor principal*** ou ***agonista*** (*agogos* = líder). Nesse exemplo, o bíceps do braço é o agonista (veja a Figura 8.21). Enquanto o bíceps do braço está se contraindo, outro músculo, denominado ***antagonista*** (*antiagonistes* = opo-

Quadro 8.1 Resumo das Principais Características do Tecido Muscular

CARACTERÍSTICAS	MÚSCULO ESQUELÉTICO	MÚSCULO CARDÍACO	MÚSCULO LISO
Aspecto da célula e características	Fibra longa e cilíndrica com muitos núcleos localizados perifericamente; estriada; não-ramificada.	Cilindro ramificado usualmente com um núcleo localizado centralmente; estriado; discos intercalares unem as fibras vizinhas.	Fibra fusiforme com um núcleo posicionado centralmente; sem estriações.
Localização	Fixado primariamente nos ossos.	Coração.	Paredes de vísceras ocas, vias aéreas, vasos sangüíneos, íris e corpo ciliar do olho, eretor do pêlo nos folículos pilosos.
Diâmetro da fibra	Muito grande.	Grande.	Pequeno.
Comprimento da fibra	Muito grande.	Pequeno.	Intermediário.
Sarcômeros	Sim.	Sim.	Não.
Retículo sarcoplasmático	Sim.	Sim.	Escassos.
Túbulos transversos	Sim, alinhados com cada junção da banda A-I.	Sim, alinhados com cada disco Z.	Não.
Velocidade de contração	Rápida.	Moderada.	Lenta.
Controle nervoso	Voluntário.	Involuntário.	Involuntário.
Capacidade de regeneração	Limitada.	Nenhuma.	Considerável comparada a outros tecidos musculares mas limitada comparada a tecidos como o epitelial.

nente), está se relaxando, nesse caso é o tríceps do braço (veja a Figura 8.21).

O antagonista tem um efeito oposto ao do agonista; isto é, o antagonista relaxa e permite o movimento do agonista. Não pense, porém, que o bíceps do braço é sempre o agonista e o tríceps do braço é sempre o antagonista. Por exemplo, ao estender o cotovelo, o tríceps braquial serve como agonista e o bíceps do braço funciona como antagonista. Se o agonista e o antagonista se contraíssem em conjunto com força igual, não haveria movimento, como em uma contração isométrica.

A maioria dos movimentos também envolve músculos denominados ***sinergistas*** (*sin* = em conjunto; *ergon* = trabalho), que auxiliam o agonista a funcionar mais eficientemente, por reduzir o movimento desnecessário.

Alguns músculos em um grupo também agem como ***fixadores***, que estabilizam a inserção de origem do agonista de modo que ele possa agir mais eficientemente. Sob diferentes condições e dependendo do movimento, muitos músculos atuam em vários momentos como agonistas, antagonistas, sinergistas ou fixadores.

Nomes dos Músculos Esqueléticos

Objetivo: *Listar e descrever os vários modos pelos quais os músculos esqueléticos são denominados.*

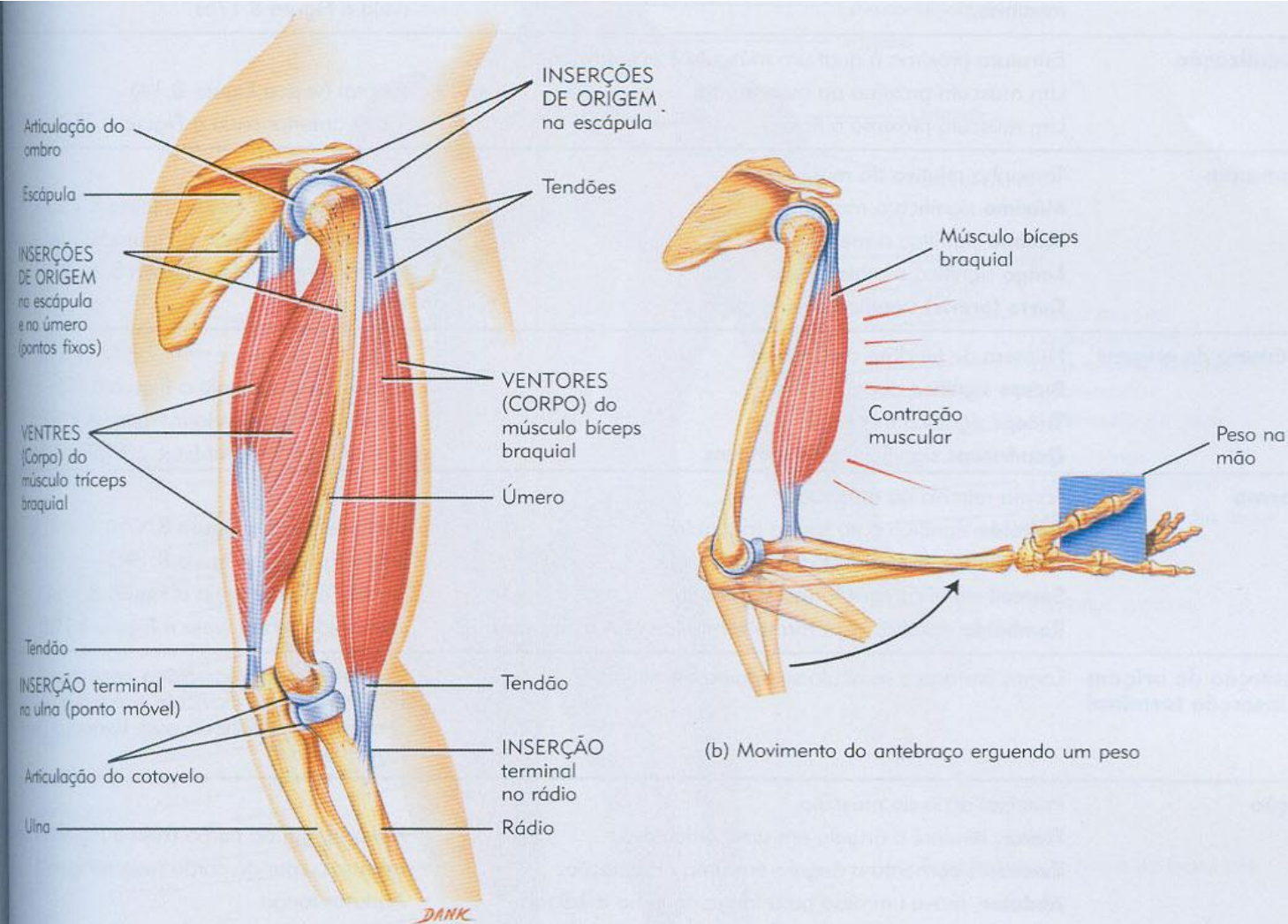
Os nomes da maioria dos quase 700 músculos esqueléticos têm base em características específicas. Aprender os termos usados para indicar características específicas auxiliará você a lembrar os nomes dos músculos (Quadro 8.2).

Principais Músculos Esqueléticos

Objetivo: *Para várias regiões do corpo, descrever a localização dos músculos esqueléticos e identificar suas funções.*

Os Quadros 8.3 a 8.15 listam os principais músculos do corpo com suas inserções (de origem e terminal) e ações. (Não estão incluídos de modo algum todos os músculos do corpo.) Para cada quadro, uma *seção geral* fornece uma orientação genérica aos

Figura 8.12 Relação dos músculos esqueléticos com os ossos. (a) Os músculos esqueléticos produzem movimentos tracionando os ossos. (b) Os ossos servem como alavancas e as articulações atuam como fulcros para as alavancas. Aqui o princípio de alavanca é ilustrado pelo movimento do antebraço erguendo um peso. Note onde a resistência e o esforço são aplicados neste exemplo.

Nos membros, a inserção de origem de um músculo é proximal e a inserção terminal é distal.

(a) Inserções de origem e terminal de um músculo esquelético

(b) Movimento do antebraço erguendo um peso

Que músculo produz a ação desejada? Que músculo realiza a ação oposta à desejada? Que músculo impede movimentos indesejáveis?

músculos e suas funções ou características especiais. Consulte o Capítulo 6 para revisar as marcas ósseas, pois elas servem como pontos de inserção para os músculos. Os estudantes têm dificuldade em pronunciar nomes do músculos esqueléticos e atender como eles são denominados. Para facilitar esta tarefa, fornecemos as pronúncias fonéticas e derivações que indicam como os músculos são denominados. Se você dominar os nomes dos músculos, suas ações terão mais sentido e serão mais fáceis de lembrar.

Os músculos são divididos em grupos de acordo com a parte do corpo em que eles atuam. A Figura 8.13 mostra as vistas gerais anterior e posterior do sistema muscular. Enquanto você estuda os grupos de músculos nos quadros a seguir, consulte a Figura 8.13 para ver como cada grupo se relaciona com todos os outros.

Quadro 8.2 Nomeando os Músculos esqueléticos

CARACTERÍSTICAS	DESCRIÇÃO	EXEMPLO
Direção das fibras musculares	Direção das fibras musculares relativa à linha mediana do corpo.	Reto do abdome (veja a Figura 8.17b)
	Reto significa que as fibras correm paralelas à linha mediana.	
	Transverso significa que as fibras correm perpendicularmente à linha mediana.	Transverso do abdome (veja a Figura 8.17b
	Oblíquo significa que as fibras correm diagonalmente à linha mediana.	Oblíquo externo do abdome (veja a Figura 8.17a)
Localização	Estrutura próxima à qual um músculo é encontrado.	
	Um músculo próximo ao osso frontal.	Frontal (veja a Figura 8.14)
	Um músculo próximo à tíbia.	Tibial anterior (veja a Figura 8.25d)
Tamanho	Tamanho relativo do músculo.	
	Máximo significa o maior.	Glúteo máximo (veja a Figura 8.13b)
	Mínimo significa o menor.	Glúteo mínimo (veja a Figura 8.13b)
	Longo significa o mais longo.	Adutor longo (veja a Figura 8.24a)
	Curto (*brevis*) significa o mais curto.	Fibular curto
Número de origens	Número de tendões de origem.	
	Bíceps significa duas origens.	Bíceps braquial (veja a Figura 8.20)
	Tríceps significa três origens.	Tríceps braquial (veja a Figura 8.21)
	Quadríceps significa quatro origens.	Quadríceps femoral (veja a Figura 8.24a)
Forma	Forma relativa do músculo.	
	Deltóide significa com forma triangular.	Deltóide (veja a Figura 8.17a)
	Trapézio significa com forma trapezóide.	Trapézio (veja a Figura 8.19c)
	Serrátil significa com forma serrilhada.	Serrátil anterior (veja a Figura 8.17b)
	Rombóide significa com forma rombóide (em diamante).	Rombóide maior (veja a Figura 8.19d)
Inserção de origem e inserção terminal	Locais em que o músculo se origina e termina.	O esternocleidomastóideo origina-se no esterno e na clavícula e termina no processo mastóide do osso temporal (veja a Figura 8.13a)
Ação	Principal ação do músculo.	
	Flexor: diminui o ângulo em uma articulação.	Flexor radial do carpo (veja a Figura 8.22a)
	Extensor: aumenta o ângulo em uma articulação.	Extensor ulnar do carpo (veja a Figura 8.22b)
	Abdutor: move um osso para longe da linha mediana.	Abdutor longo
	Adutor: move um osso para junto da linha mediana.	Adutor longo (veja a Figura 8.24a)
	Levantador: produz um movimento para cima.	Levantador da escápula (veja a Figura 8.19d)
	Depressor: produz um movimento para baixo.	Abaixador do lábio inferior (veja a Figura 8.14b)
	Supinador: gira a palma da mão para cima ou anteriormente.	Supinador (não-ilustrado)
	Pronador: gira a palma da mão para baixo ou posteriormente.	Pronador redondo (veja a Figura 8.22a)
	Esfíncter: diminui o tamanho de uma abertura.	Esfíncter externo do ânus (não-ilustrado)
	Tensor: torna uma parte do corpo mais rígida.	Tensor da fáscia lata (veja a Figura 8.24a)
	Rotador: move um osso em torno de seu eixo longitudinal.	Rotadores (não-ilustrados)

Figura 8.13 Principais músculos esqueléticos superficiais.

(a) Vista anterior

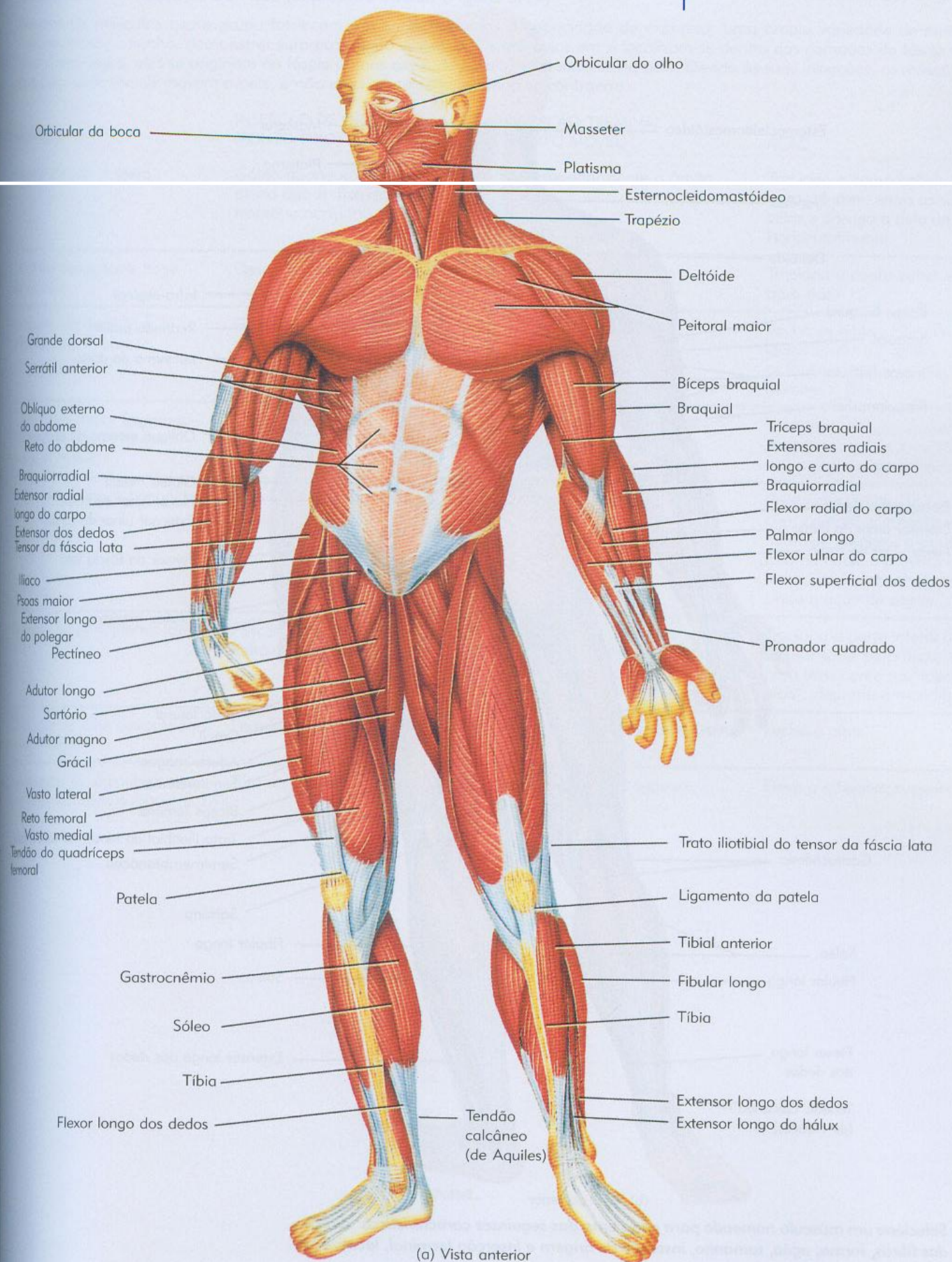
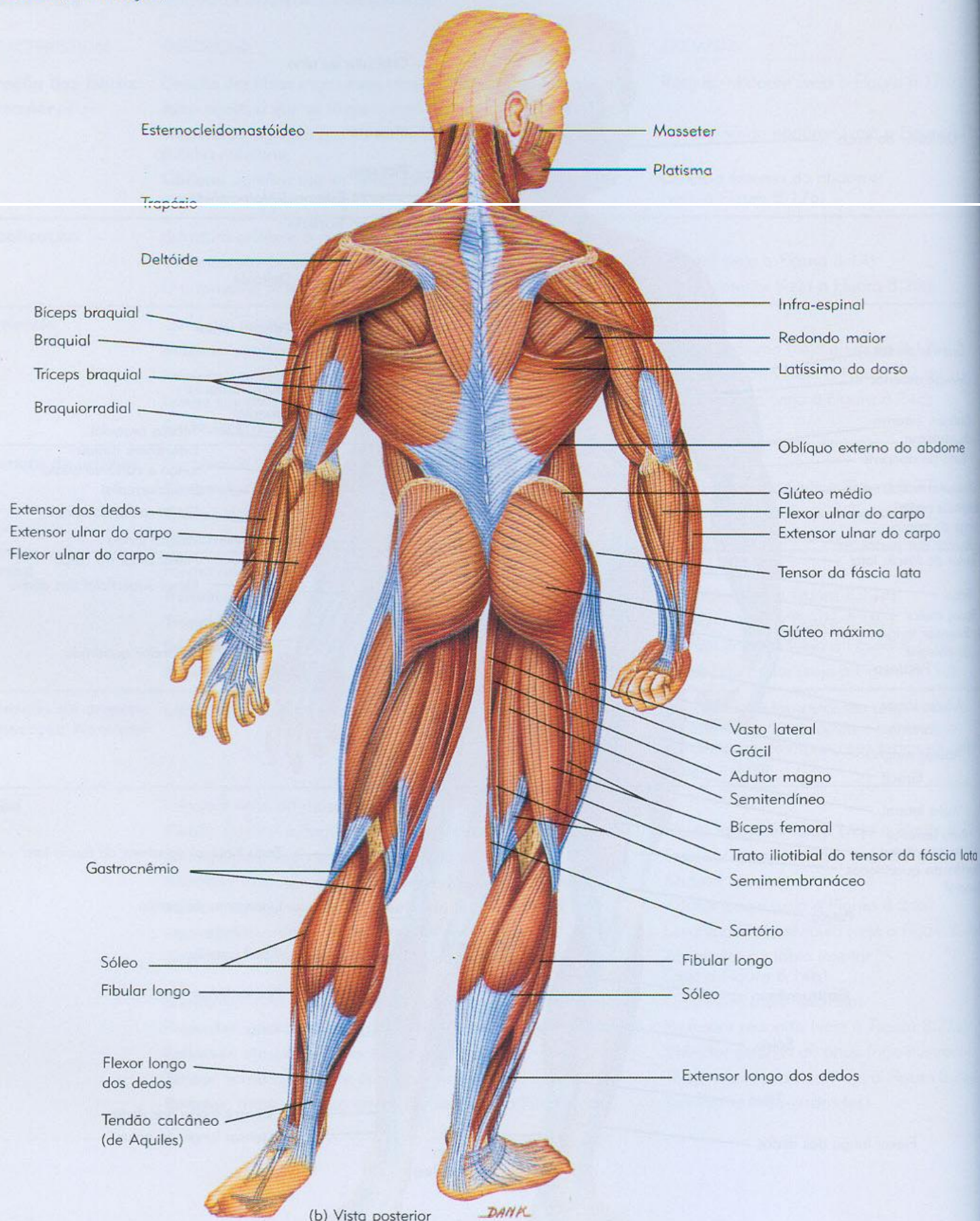



Figura 8.13 (Continuação)

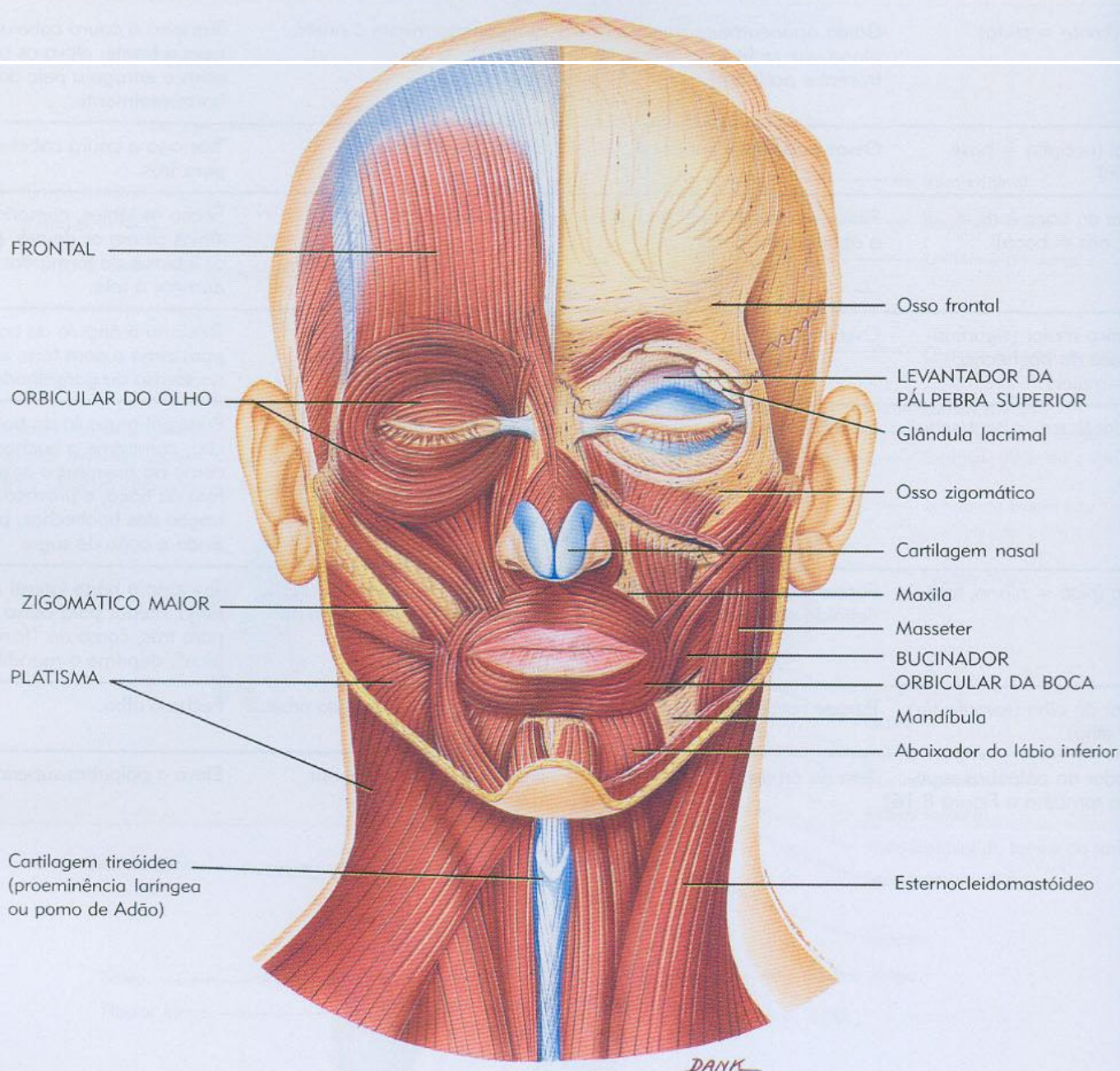
(b) Vista posterior

P ***Selecione um músculo nomeado para cada uma das seguintes características: direção das fibras, forma, ação, tamanho, inserção de origem e inserção terminal, localização e número de origens.***

Quadro 8.3 Músculos da Face (Expressão Facial) (Figura 8.14)

Resumo: Os músculos nesse grupo fornecem aos seres humanos a capacidade de expressar uma ampla variedade de emoções, incluindo franzir o cenho, demonstrar surpresa, medo e alegria. Os músculos em si localizam-se dentro das camadas da fáscia superficial. Como regra, eles se originam na fáscia ou nos ossos do crânio, e inserem-se na pele. Devido às suas inserções, os músculos da face (expressão facial) movem a pele, e não uma articulação, quando se contraem.

MÚSCULO	INSERÇÃO DE ORIGEM (PONTO FIXO)	INSERÇÃO TERMINAL (PONTO MÓVEL)	AÇÃO
Frontal (*fronte* = testa)	Gálea aponeurótica (tendão plano que se fixa aos músculos frontal e occipital)	Pele superiormente à órbita.	Traciona o couro cabeludo para a frente, eleva os supercílios e enruga a pele da testa horizontalmente.
Occipital (occipito = base de crânio)	Ossos occipital e temporal.	Gálea aponeurótica.	Traciona o couro cabeludo para trás.
Orbicular da boca (*orb* = circular; *oris* = boca)	Fibras musculares circundando a abertura da boca.	Pele no ângulo da boca.	Fecha os lábios, comprime os lábios contra os dentes, protrai os lábios e dá forma aos lábios durante a fala.
Zigomático maior (*zigomaticus* = osso da bochecha; *major* = maior)	Osso zigomático.	Pele no ângulo da boca e orbicular da boca.	Traciona o ângulo da boca para cima e para fora, como no sorriso ou gargalhada.
Bucinador (*bucc* = bochecha)	Maxila e mandíbula.	Orbicular da boca.	Principal músculo da bochecha; comprime a bochecha como ao assoprar o ar para fora da boca, e provoca a retração das bochechas, produzindo a ação de sugar.
Platisma (*plati* = plano, largo)	Fáscia sobre os músculos deltóide e peitoral maior.	Mandíbula, músculos em torno do ângulo da boca e pele da parte inferior da face.	Traciona a parte lateral do lábio inferior para baixo e para trás, como ao "fazer bico"; deprime a mandíbula.
Orbicular do olho (levantador) (*ocul* = olho)	Parede medial da órbita.	Área circular em torno da órbita.	Fecha o olho.
Levantador da pálpebra superior (veja também a Figura 8.16)	Teto da órbita.	Pele da pálpebra superior.	Eleva a pálpebra superior.

Figura 8.14 Músculos da face (expressão facial). Nesta e nas figuras subseqüentes do capítulo, os músculos indicados em letras maiúsculas são aqueles referidos especificamente no quadro correspondente.

Quando se contraem, os músculos da face (expressão facial) movem a pele em vez de uma articulação.

(a) Vista superficial anterior

(b) Vista profunda anterior

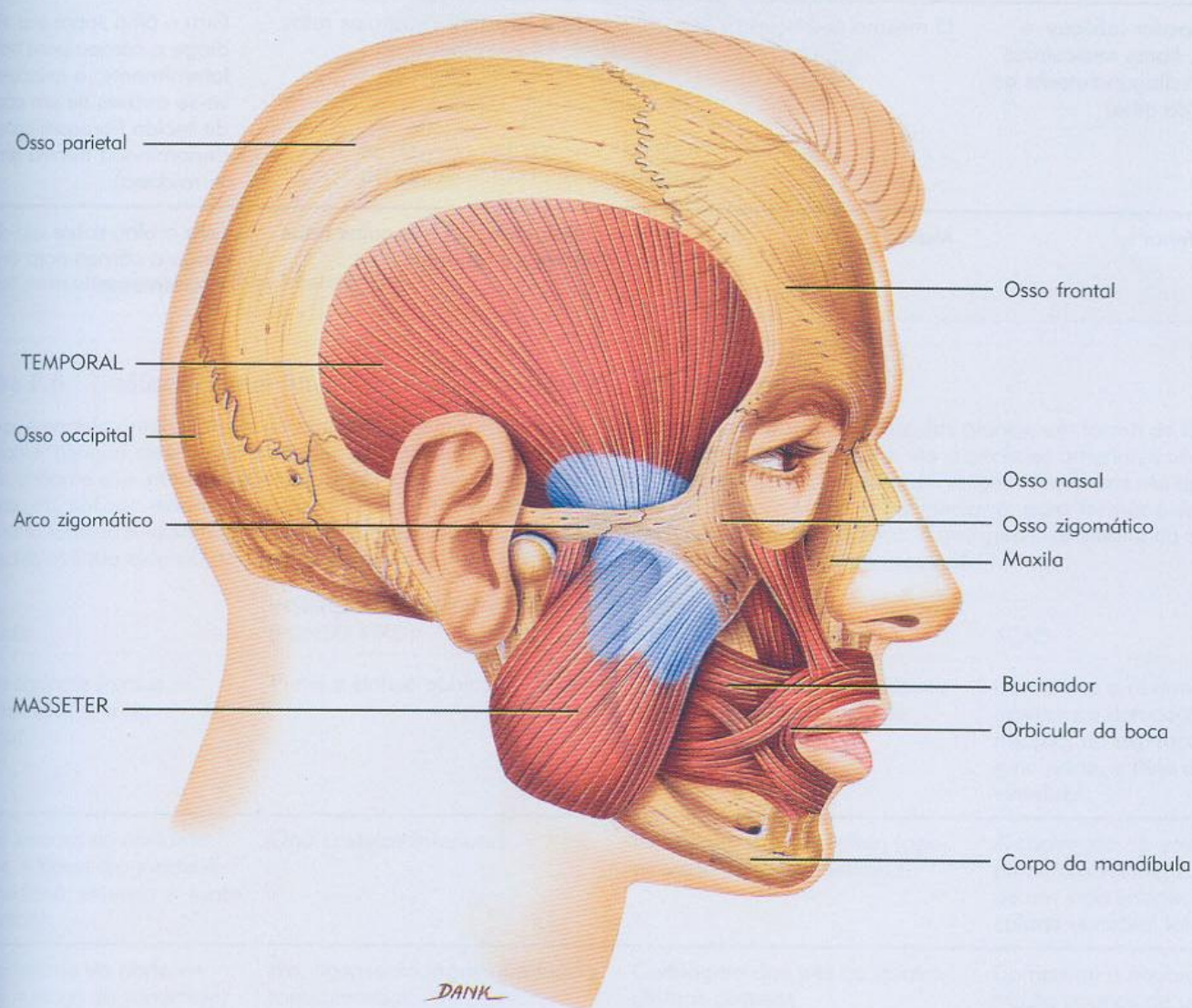
P *Que músculo faz franzir o cenho? Sorrir? Fazer "biquinho"? Olhar com o canto dos olhos?*

Quadro 8.4 Músculos que Movem a Mandíbula (Figura 8.15)

Resumo: Os músculos que movem a mandíbula também são conhecidos como músculos da mastigação, pois estão envolvidos em morder e mastigar. Estes músculos também auxiliam na fala.

MÚSCULO	INSERÇÃO DE ORIGEM (PONTO FIXO)	INSERÇÃO TERMINAL (PONTO MÓVEL)	AÇÃO
Masseter (*master* = mastigar)	Maxila e arco zigomático.	Mandíbula.	Eleva a mandíbula como ao fechar a boca, ajuda no movimento de um lado para outro da mandíbula e protrai (protrui) a mandíbula.
Temporal (*tempora* = têmporas)	Osso temporal.	Mandíbula.	Eleva e retrai a mandíbula, e auxilia no movimento da mandíbula de um lado para outro.

Figura 8.15 Músculos que movem a mandíbula.

 Os músculos que movem a mandíbula estão envolvidos na mastigação e na fala.

Vista superficial lateral direita

Como se chama a fixação (inserção) ao osso móvel? Como se chama a fixação (inserção) ao osso fixo?

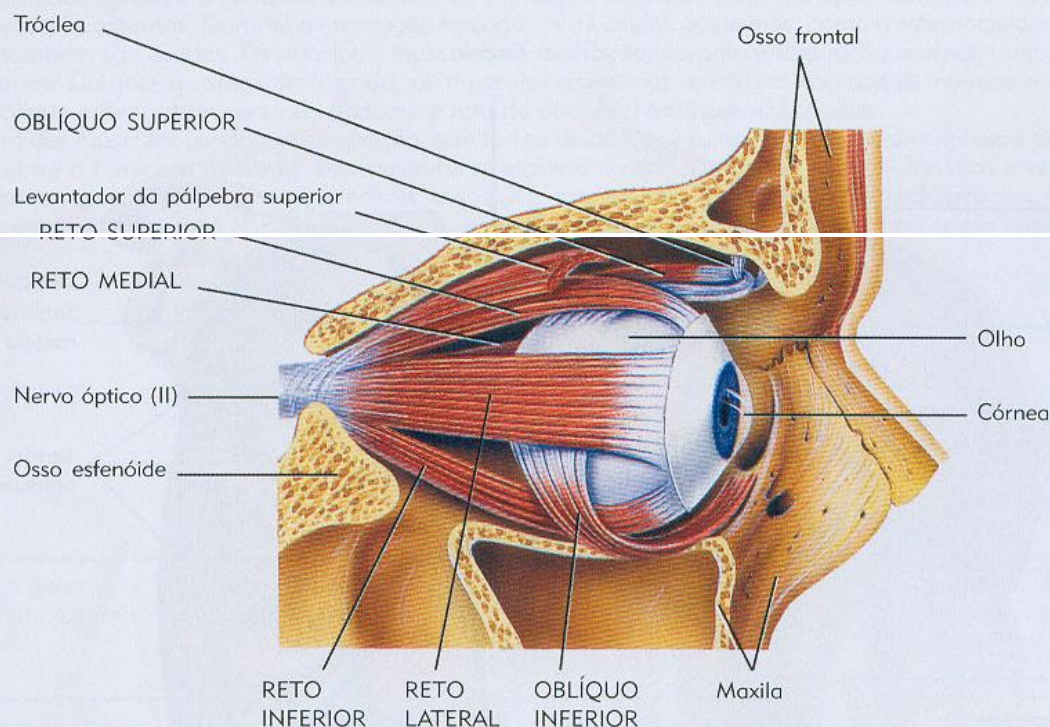
Quadro 8.5 Músculos que Movem as Pálpebras: Músculos Extrínsecos (Figura 8.16)

Resumo: Dois tipos de músculos estão associados ao olho, extrínsecos e intrínsecos. Os *músculos extrínsecos* originam-se fora do olho e estão inseridos em sua superfície externa (esclera). Eles movem os olhos em várias direções. Os *músculos intrínsecos* originam-se e inserem-se totalmente dentro do olho. Eles movem as estruturas dentro dos olhos.

Os movimentos dos olhos são controlados por três pares de músculos extrínsecos. Dois pares de músculos retos movem o olho na direção indicada por seus respectivos nomes – superior, inferior, lateral e medial. Um par de músculos, os músculos oblíquos superior e inferior, rodam o olho sobre seu eixo. Os músculos extrínsecos dos olhos estão entre os músculos esqueléticos que se contraem mais rápido, e estão entre os mais precisamente controlados no corpo.

MÚSCULO	INSERÇÃO DE ORIGEM (PONTO FIXO)	INSERÇÃO TERMINAL (PONTO MÓVEL)	AÇÃO
Reto superior (*rectus* = neste caso, fibras musculares correndo paralelas ao eixo longo do olho)	Anel tendíneo comum fixado à órbita óssea, em torno do canal óptico.	Parte superior e central do olho.	Gira o olho para cima.
Reto inferior	O mesmo que acima.	Parte inferior e central do olho.	Gira o olho para baixo.
Reto lateral	O mesmo que acima.	Parte lateral do olho.	Gira o olho lateralmente.
Reto medial	O mesmo que acima.	Parte medial do olho.	Gira o olho medialmente.
Oblíquo superior (*oblique* = neste caso, fibras musculares que correm diagonalmente ao eixo longo do olho)	O mesmo que acima.	Olho, entre os músculos retos superior e lateral.	Gira o olho sobre seu eixo; dirige a córnea para baixo e lateralmente; o músculo move-se através de um carretel de tecido fibrocartilaginoso denominado tróclea (*trochlea* = roldana).
Oblíquo inferior	Maxila.	Olho, entre os músculos retos inferior e lateral.	Gira o olho sobre seu eixo; dirige a córnea para cima e lateralmente.

Figura 8.16 Músculos extrínsecos dos olhos.

Os músculos extrínsecos dos olhos estão entre os músculos esqueléticos de contração mais rápida e mais precisamente controlada no corpo.

Vista lateral do olho direito

Que músculos giram os olhos lateralmente?

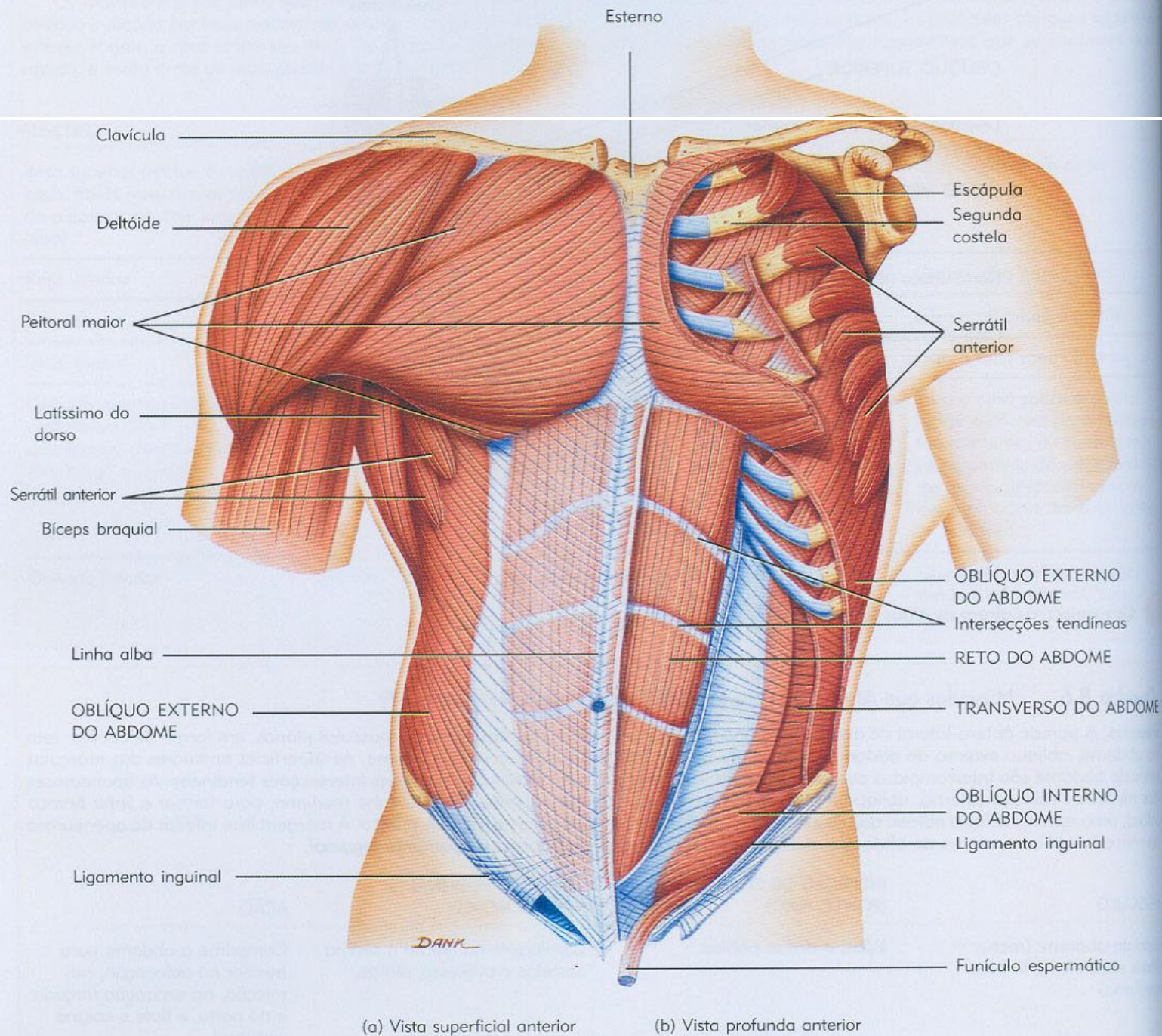
Quadro 8.6 Músculos que Atuam na Parede Anterior do Abdome (Figura 8.17)

Resumo: A parede ântero-lateral do abdome é composta de pele, fáscia e quatro pares de músculos planos, em forma de lâmina: reto do abdome, oblíquo externo do abdome, oblíquo interno do abdome e transverso do abdome. As superfícies anteriores dos músculos retos do abdome são interrompidas por três faixas fibrosas transversas de tecido denominadas ***intersecções tendíneas***. As aponeuroses dos músculos oblíquo externo, oblíquo interno e transverso do abdome encontram-se na linha mediana, para formar a *linha branca* (alba), uma resistente faixa fibrosa que se estende do processo xifóide do esterno à sínfise púbica. A margem livre inferior da aponeurose do músculo oblíquo externo do abdome, mais algumas fibras colágenas, forma o ***ligamento inguinal***.

MÚSCULO	INSERÇÃO DE ORIGEM (PONTO FIXO)	INSERÇÃO TERMINAL (PONTO MÓVEL)	AÇÃO
Reto do abdome (*rectus* = fibras paralelas à linha mediana)	Púbis e sínfise púbica.	Cartilagem da quinta à sétima costelas e processo xifóide.	Comprime o abdome para auxiliar na defecação, na micção, na expiração forçada e no parto, e flete a coluna vertebral.
Oblíquo externo do abdome (oblíquo = fibras diagonais à linha mediana; externo = junto à superfície)	Oito costelas inferiores.	Ílio e linha branca (alba) (aponeurose da linha mediana).	A contração de ambos comprime o abdome; a contração de um lado sozinho curva a coluna vertebral lateralmente.
Oblíquo interno do abdome (interno = longe da superfície)	Ílio, ligamento inguinal e fáscia toracolombar.	Cartilagem das três ou quatro últimas costelas.	Comprime o abdome; a contração apenas de um lado curva a coluna vertebral lateralmente.
Transverso do abdome (*transversus* = fibras perpendiculares à linha mediana)	Ílio, ligamento inguinal, fáscia lombar e cartilagens das seis últimas costelas.	Esterno, linha branca (alba) e púbis.	Comprime o abdome.

Figura 8.17 Músculos da parede abdominal anterior.

 O ligamento inguinal separa a coxa da parede do corpo.

(a) Vista superficial anterior (b) Vista profunda anterior

P *Que músculo da parede abdominal auxilia na micção?*

Quadro 8.7 Músculos Usados na Respiração (Figura 8.18)

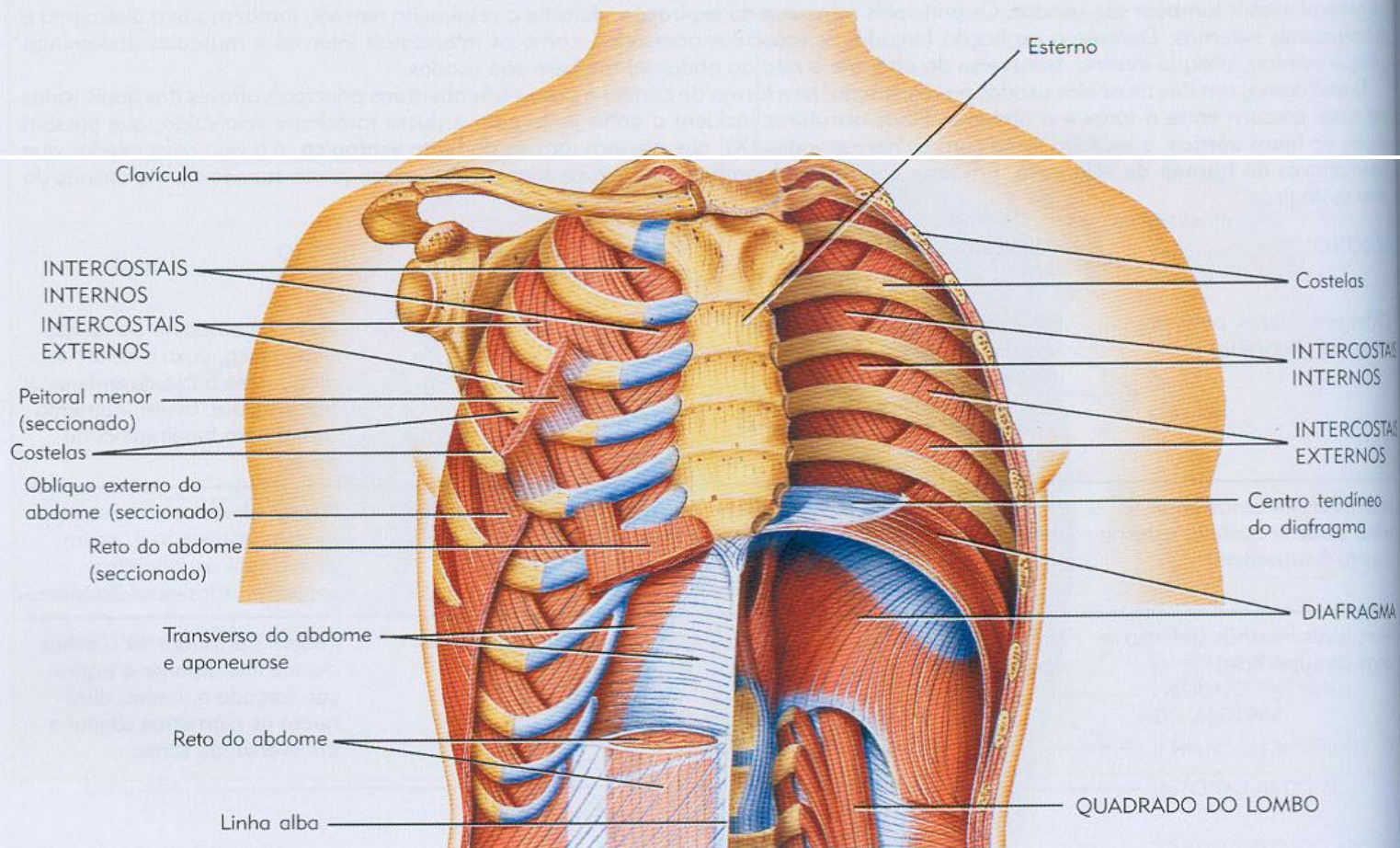
Resumo: Os músculos descritos aqui estão inseridos nas costelas, e sua contração e relaxamento alteram o tamanho da cavidade torácica durante a respiração. Essencialmente, a inspiração ocorre quando a cavidade torácica aumenta de tamanho. A expiração ocorre quando a cavidade torácica diminui de tamanho. Os principais músculos da **inspiração**, durante a respiração normal, são o diafragma e os intercostais externos. Durante a inspiração forçada, os músculos acessórios, como o esternocleidomastóideo, o escaleno e o peitoral menor também são usados. Os principais músculos da **expiração**, durante a respiração normal, também são o diafragma e os intercostais externos. Durante a expiração forçada, os músculos acessórios, como os intercostais internos e músculos abdominais (oblíquo externo, oblíquo interno, transverso do abdome e reto do abdome) também são usados.

O diafragma, um dos músculos usados na respiração, tem forma de cúpula e possui três aberturas principais através das quais várias estruturas passam entre o tórax e o abdome. Essas estruturas incluem a aorta junto com o ducto torácico e veia ázigo, que passam através do **hiato aórtico**, o esôfago junto com os nervos vagos (X), que passam através do **hiato esofágico**, e a veia cava inferior, que passa através do **forame da veia cava**. Em uma condição denominada hérnia de hiato, o estômago passa superiormente através do hiato esofágico.

MÚSCULO	INSERÇÃO DE ORIGEM (PONTO FIXO)	INSERÇÃO TERMINAL (PONTO MÓVEL)	AÇÃO
Diafragma (*dia* = através; *phragma* = parede)	Esterno, cartilagens costais das seis últimas costelas e vértebras lombares.	Centro tendíneo.	Forma o assoalho da cavidade torácica, puxa o centro tendíneo para baixo durante a inspiração e, assim, aumenta o diâmetro longitudinal do tórax.
Intercostais externos (*inter* = entre; *costa* = costela; externo = junto à superfície)	Margem inferior da costela acima dele.	Margem superior da costela abaixo dele.	Podem elevar as costelas durante a inspiração e, assim, aumentam os diâmetros sagital e transversal do tórax.
Intercostais internos (interno = longe da superfície)	Margem superior da costela abaixo dele.	Margem inferior da costela acima dele.	Podem aproximar as costelas adjacentes durante a expiração forçada e, assim, diminuem os diâmetros sagital e transversal do tórax.

Figura 8.18 Músculos usados na respiração.

As aberturas no diafragma permitem a passagem da aorta, do esôfago e da veia cava inferior.

Esterno
Clavícula
INTERCOSTAIS INTERNOS
INTERCOSTAIS EXTERNOS
Peitoral menor (seccionado)
Costelas
Oblíquo externo do abdome (seccionado)
Reto do abdome (seccionado)
Transverso do abdome e aponeurose
Reto do abdome
Linha alba
Costelas
INTERCOSTAIS INTERNOS
INTERCOSTAIS EXTERNOS
Centro tendíneo do diafragma
DIAFRAGMA
QUADRADO DO LOMBO

(a) Vista superficial anterior (b) Vista profunda anterior

P ***Que músculos respiratórios são usados na inspiração normal?***

Quadro 8.8 Músculos que Movem o Cíngulo do Membro Superior (Peitoral) (Figura 8.19)

Resumo: Os músculos que movem o cíngulo do membro superior (peitoral) originam-se no esqueleto axial e inserem-se na clavícula ou na escápula. Os músculos podem ser distinguidos em ***anterior*** e ***posterior***. A principal ação dos músculos é manter a escápula no lugar, de modo que ela possa funcionar como um ponto de origem estável para a maioria dos músculos que movem o úmero (braço).

MÚSCULO	INSERÇÃO DE ORIGEM (PONTO FIXO)	INSERÇÃO TERMINAL (PONTO MÓVEL)	AÇÃO
Anterior			
Subclávio (*sub* = abaixo de; *clavius* = clavícula)	Primeira costela.	Clavícula.	Deprime a clavícula.
Peitoral menor (*pectus* = mama, peito, tórax)	Da terceira à quinta costelas.	Escápula.	Deprime e move a escápula e eleva da terceira à quinta costela durante a inspiração forçada, quando a escápula está fixa.
Serrátil anterior (*serratus* = em forma de serra)	Oito ou nove costelas superiores.	Escápula.	Roda a escápula para cima e lateralmente, e eleva as costelas quando a escápula está fixa.
Posterior			
Trapézio	Osso occipital e processos espinhosos da sétima vértebra cervical de todas as vértebras torácicas.	Clavícula e escápula.	Eleva a clavícula, aduz a escápula, roda a escápula para cima, eleva ou deprime a escápula e estende a cabeça.
Levantador da escápula	Quatro ou cinco vértebras cervicais superiores.	Escápula.	Eleva a escápula e roda-a levemente para baixo.
Rombóide (*rhomboides* = em forma de diamante)	Processos espinhosos da segunda à quinta vértebra torácica.	Escápula.	Aduz a escápula e roda-a levemente para baixo.

Figura 8.19 Músculos que movem o cíngulo do membro superior (peitoral).

Os músculos que movem o cíngulo peitoral originam-se no esqueleto axial e inserem-se na clavícula ou na escápula.

LEVANTADOR DA ESCÁPULA
Clavícula
TRAPÉZIO
SUBCLÁVIO
Acrômio da escápula
Processo coracóide da escápula
PEITORAL MENOR
Úmero
SERRÁTIL ANTERIOR
Intercostais externos
Intercostais internos
Reto do abdome (seccionado)
Esterno
IV
V
VI
VII
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X

(a) Vista profunda anterior

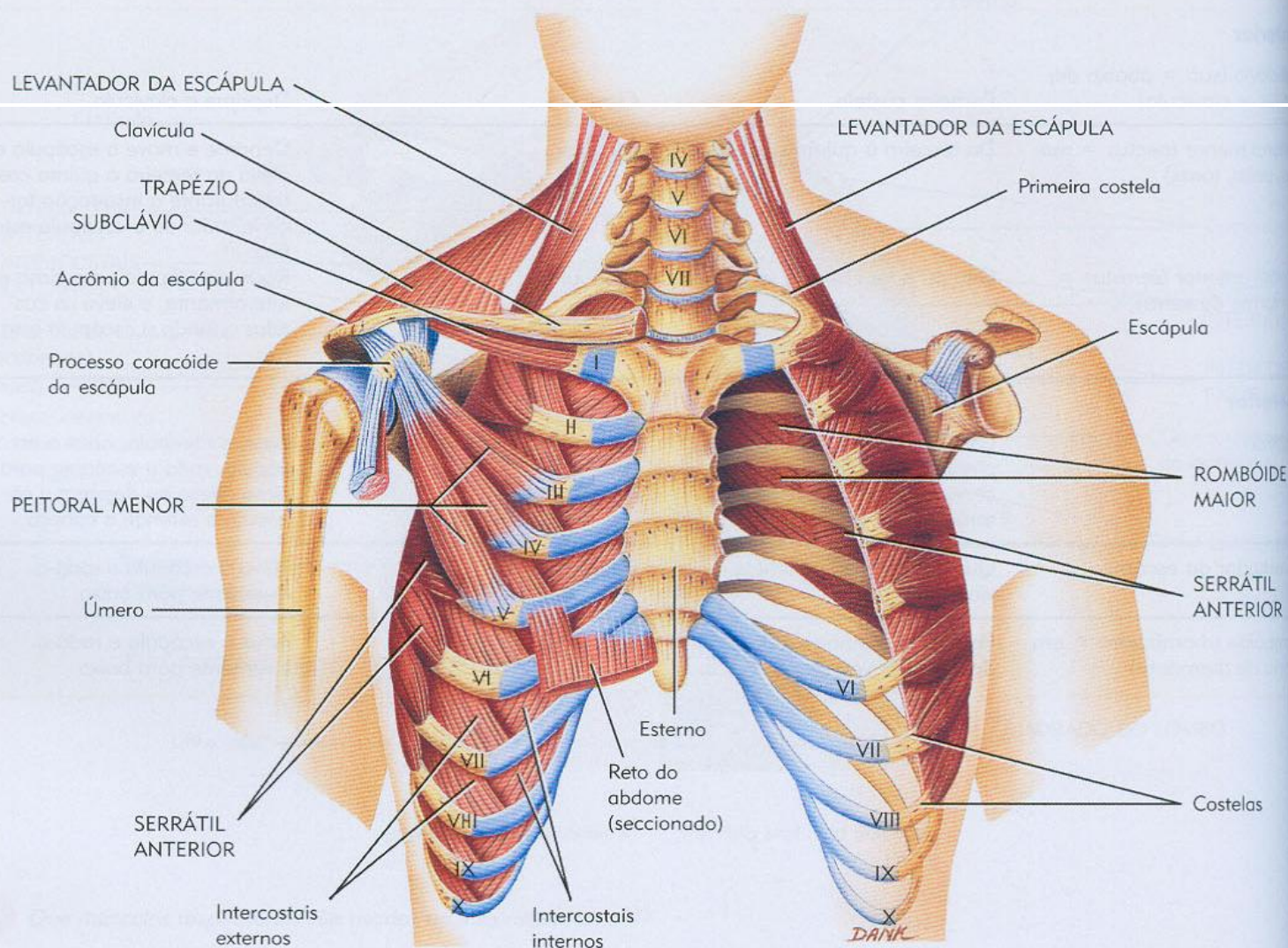
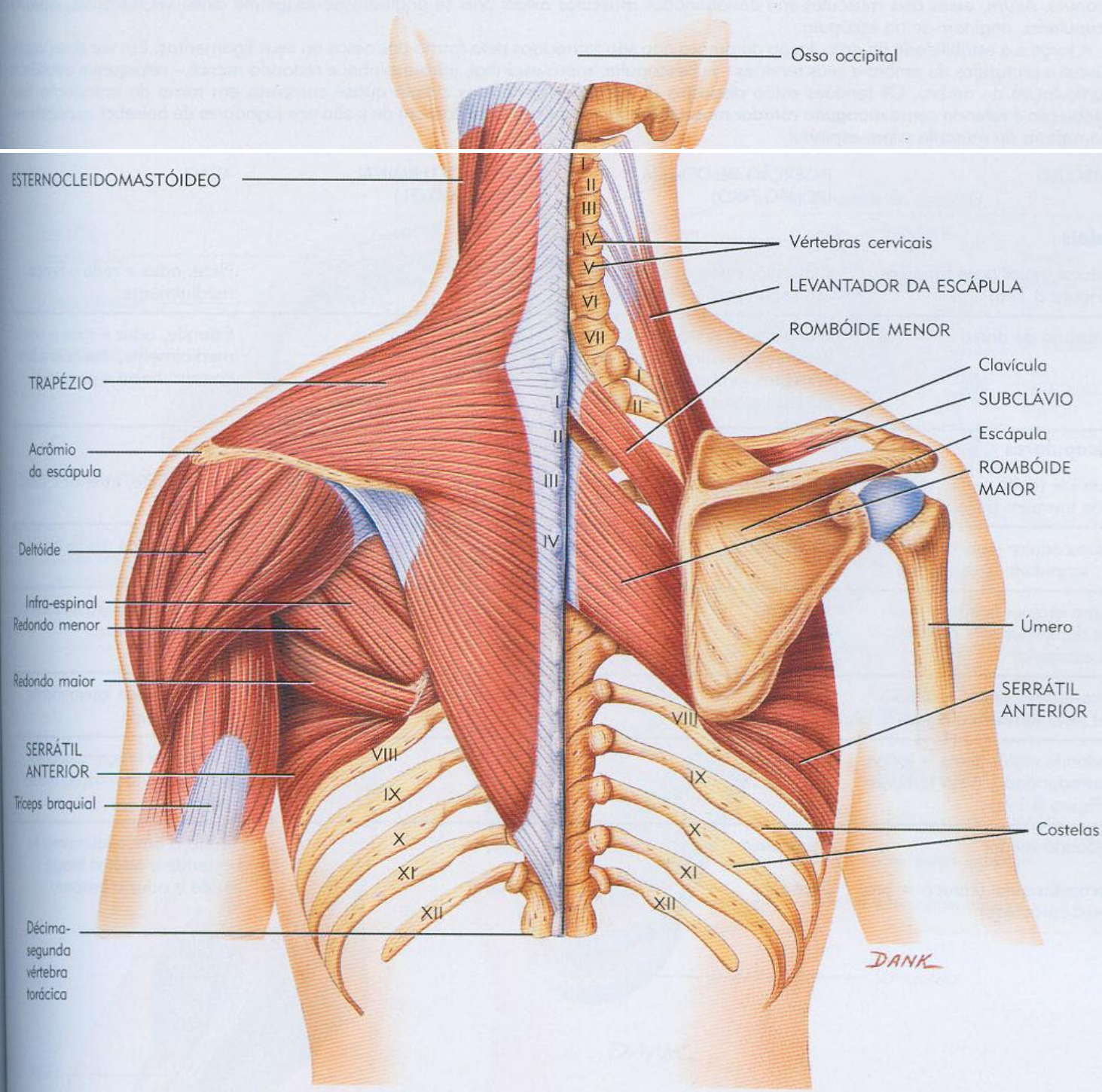
LEVANTADOR DA ESCÁPULA
Primeira costela
Escápula
ROMBÓIDE MAIOR
SERRÁTIL ANTERIOR
Costelas
VI
VII
VIII
IX
X
DANK

(b) Vista mais profunda anterior

Figura 8.19 (Continuação)

(c) Vista superficial posterior (d) Vista profunda posterior

P ***Que músculos se originam nas costelas? E nas vértebras?***

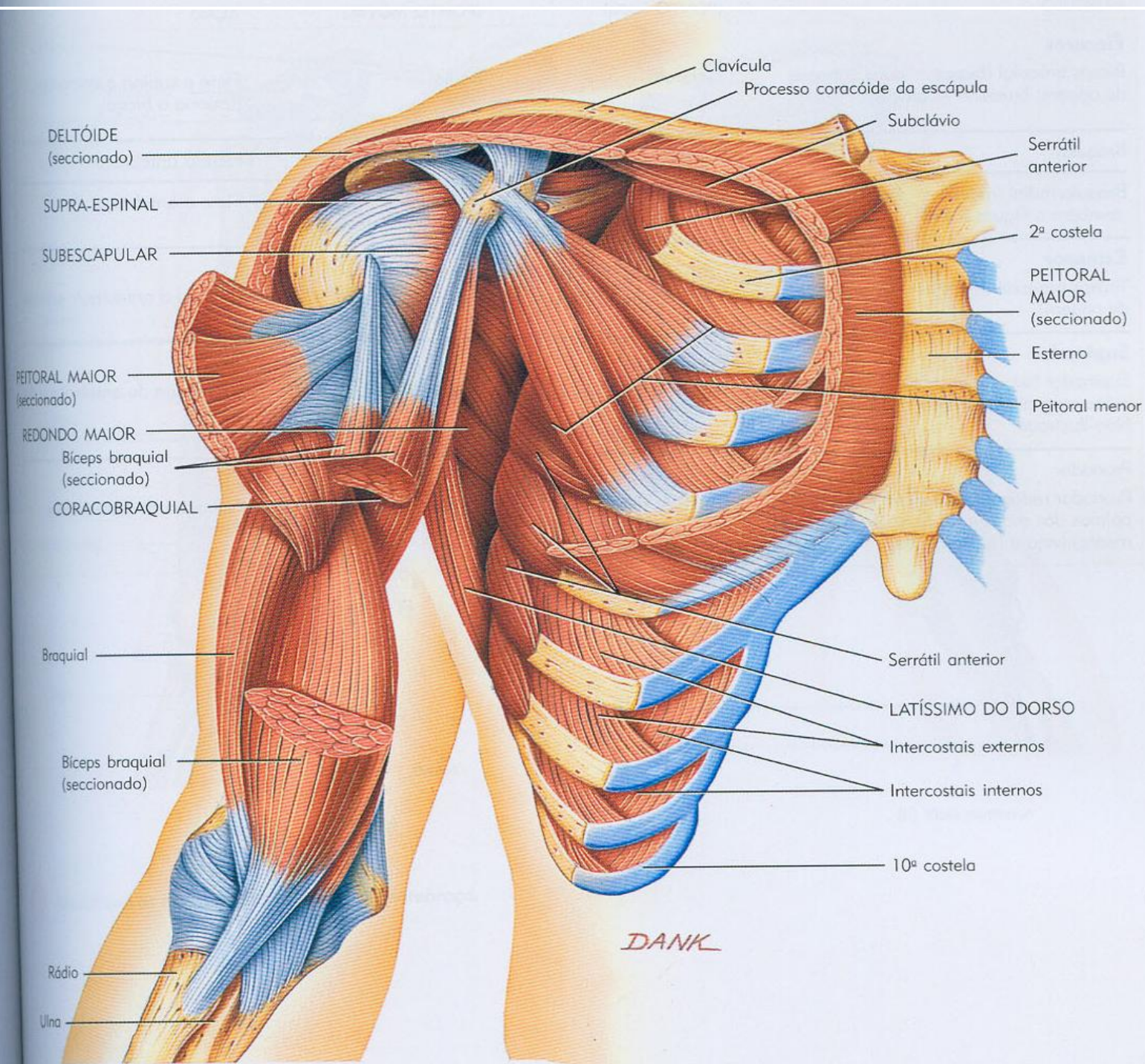
Quadro 8.9 Músculos que Movem o Úmero (Braço) (Figura 8.20)

Resumo: Dos músculos que cruzam a articulação do ombro, somente dois deles (peitoral maior e grande dorsal) não se originam na escápula. Assim, esses dois músculos são denominados ***músculos axiais*** pois se originam no esqueleto axial. Os restantes, ***músculos escapulares***, originam-se na escápula.

A força e a estabilidade da articulação do ombro não são fornecidas pela forma dos ossos ou seus ligamentos. Em vez disso, quatro músculos profundos do ombro e seus tendões – subescapular, supra-espinhal, infra-espinhal e redondo menor – reforçam e estabilizam a articulação do ombro. Os tendões estão dispostos de modo a formar um círculo quase completo em torno da articulação. Essa distribuição é referida como ***manguito rotador musculotendíneo***, e é um local comum de lesão nos jogadores de beisebol, especialmente a ruptura do músculo supra-espinhal.

MÚSCULO	INSERÇÃO DE ORIGEM (PONTO FIXO)	INSERÇÃO TERMINAL (PONTO MÓVEL)	AÇÃO
Axiais			
Peitoral maior (veja também a Figura 8.17a)	Clavícula, esterno, cartilagens da segunda à sexta costela.	Úmero.	Flete, aduz e roda o braço medialmente.
Latíssimo do dorso	Processos espinhosos das seis vértebras torácicas inferiores, vértebras lombares, sacro e ílio, quatro costelas inferiores.	Úmero.	Estende, aduz e roda o braço medialmente; traciona o braço para baixo e para trás.
Escapulares			
Deltóide (delta = triangular) (veja também a Figura 8.17a)	Clavícula e escápula.	Úmero.	Abduz, flete, estende e roda o braço.
Subescapular (sub = abaixo de; *scapularis* = escápula)	Escápula.	Úmero.	Roda o braço medialmente.
Supra-espinal (supra = acima de; *spinatus* = espinha da escápula)	Escápula.	Úmero.	Auxilia o músculo deltóide a abduzir o braço.
Infra-espinal (infra = abaixo de) (veja também a Figura 8.19c)	Escápula.	Úmero.	Roda o braço lateralmente; aduz o braço.
Redondo maior (*teres* = longo e arredondado) (veja também a Figura 8.19c)	Escápula.	Úmero.	Estende o braço; ajuda na adução e na rotação medial do braço.
Redondo menor	Escápula.	Úmero.	Roda o braço lateralmente; estende e aduz o braço.
Coracobraquial (*coraco* = processo coracóide)	Escápula.	Úmero.	Flete e aduz o braço.

Figura 8.20 Músculos que movem o úmero (braço).

A força e a estabilidade da articulação do ombro são fornecidas pelos tendões dos músculos que formam o "manguito rotador".

Vista profunda anterior

Quais são os músculos axiais?

Quadro 8.10 Músculos que Movem o Rádio e a Ulna (Antebraço) (Figura 8.21)

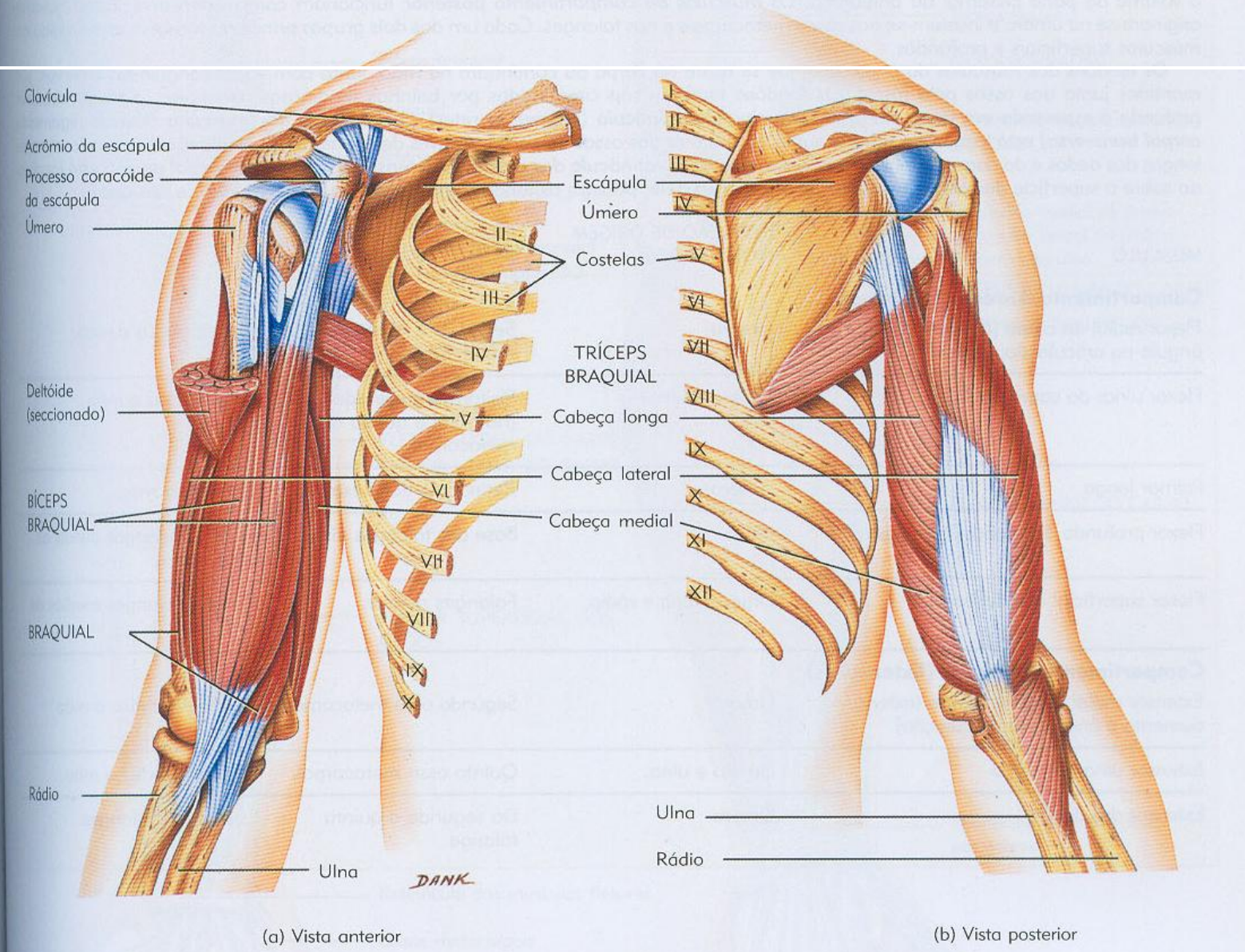
Resumo: A maioria dos músculos que movem o rádio e a ulna (antebraço) está dividida em ***flexores*** e ***extensores***. Lembre-se de que a articulação do cotovelo é uma articulação gínglimo ("em dobradiça"), capaz somente de flexão e extensão. Enquanto os músculos bíceps do braço, braquial e braquiorradial são flexores da articulação do cotovelo, o tríceps do braço é um extensor. Outros músculos que movem o rádio e a ulna estão relacionados à supinação e à pronação.

MÚSCULO	INSERÇÃO DE ORIGEM (PONTO FIXO)	INSERÇÃO TERMINAL (PONTO MÓVEL)	AÇÃO
Flexores			
Bíceps braquial (*biceps* = duas cabeças de origem; *brachion* = braço)	Escápula	Rádio	Flete e supina o antebraço; flexiona o braço.
Braquial	Úmero.	Ulna.	Flete o antebraço.
Braquiorradial (*radialis* = rádio) (veja também a Figura 8.22b)	Úmero.	Rádio.	Flete o antebraço.
Extensor			
Tríceps braquial (*triceps* = três cabeças de origem)	Escápula e úmero.	Ulna.	Estende o antebraço; estende o braço.
Supinador			
Supinador (*supination* = virar as palmas das mãos para cima ou anteriormente). Não-ilustrado.	Úmero e ulna.	Rádio.	Supinação do antebraço e da mão.
Pronador			
Pronador redondo (*pronation* = virar as palmas das mãos para baixo ou posteriormente) (veja a Figura 8.22a)	Úmero e ulna.	Rádio.	Pronação do antebraço e da mão.

Figura 8.21 Músculos que movem o rádio e a ulna (antebraço).

Enquanto os músculos anteriores do braço fletem o antebraço, os músculos posteriores do braço estendem o antebraço.

(a) Vista anterior

(b) Vista posterior

Identifique os três músculos flexores do antebraço.

Quadro 8.11 Músculos que Movimentam o Punho e os Dedos (Figura 8.22)

Resumo: Os músculos que movem o pulso, a mão e os dedos estão localizados no antebraço, são muitos e variados. Porém, como você vê, seus nomes na maioria dos casos dão alguma indicação de sua origem, inserção ou ação. Com base na localização e na função, os músculos estão divididos em dois grupos – anterior e posterior. Os ***músculos do compartimento anterior*** funcionam como flexores. Eles se originam no úmero e tipicamente se inserem nos ossos do carpo, do metacarpo e nas falanges. Os ventres desses músculos formam o volume da parte proximal do antebraço. Os ***músculos do compartimento posterior*** funcionam como extensores. Estes músculos originam-se no úmero e inserem-se nos ossos metacarpais e nas falanges. Cada um dos dois grupos principais também está dividido em músculos superficiais e profundos.

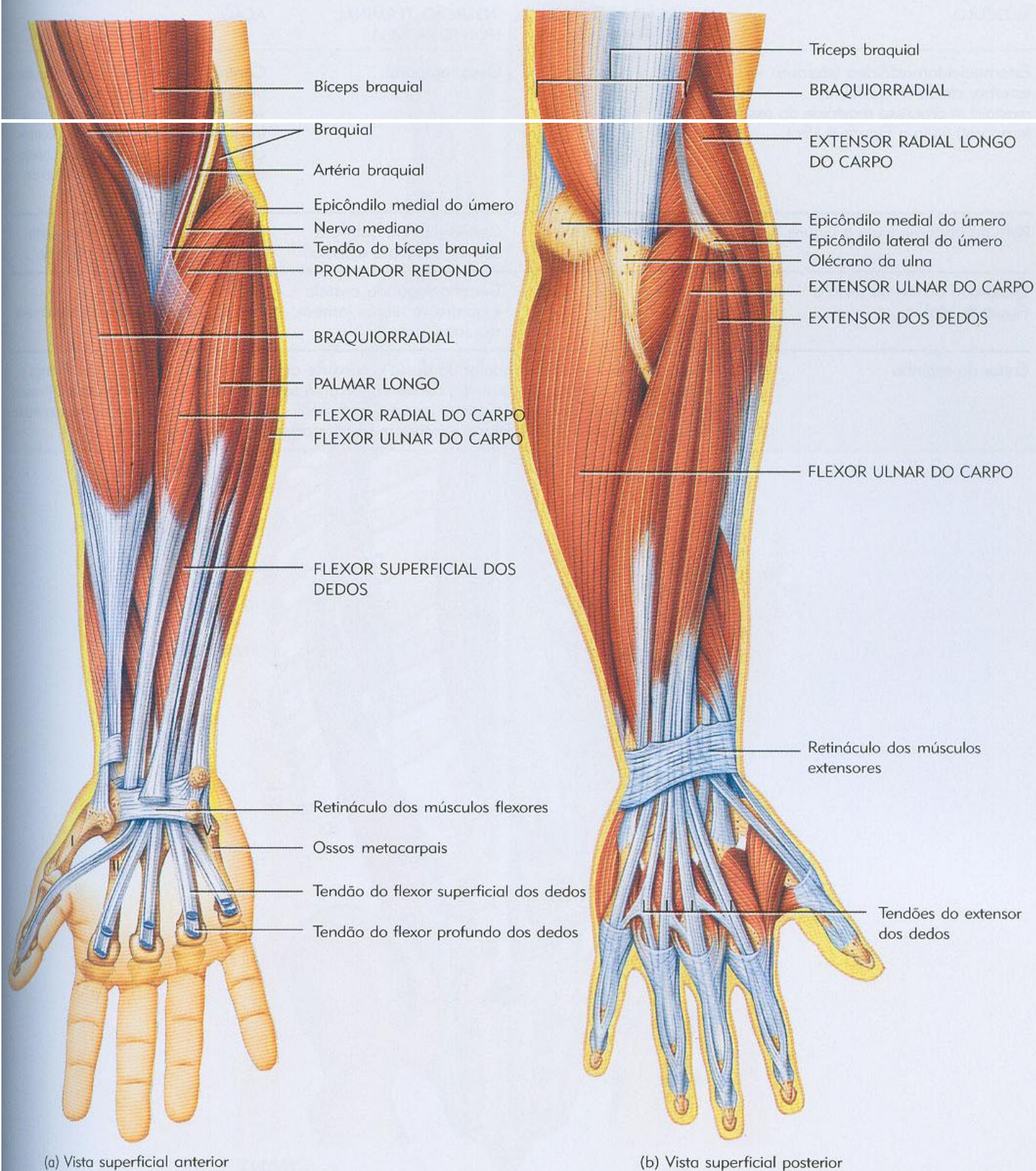
Os tendões dos músculos do antebraço que se fixam no carpo ou continuam na mão, junto com vasos sangüíneos e nervos, são mantidos junto aos ossos pela fáscia. Os tendões também são circundados por bainhas tendinosas. No pulso, a fáscia muscular profunda é espessada em faixas fibrosas denominadas ***retináculo*** (*retinere* = reter). O ***retináculo dos músculos flexores (ligamento carpal transverso)*** está localizado sobre a superfície palmar dos ossos do carpo. Através dele, passam os tendões dos músculos flexores longos dos dedos e do carpo (punho) e o nervo mediano. O ***retináculo dos músculos extensores (ligamento carpal dorsal)*** está localizado sobre a superfície dorsal dos ossos do carpo. Através dele, passam os tendões extensores do carpo (punho) e dos dedos.

MÚSCULO	INSERÇÃO DE ORIGEM (PONTO FIXO)	INSERÇÃO TERMINAL (PONTO MÓVEL)	AÇÃO
Compartimento Anterior (Flexores)			
Flexor radial do carpo (flexor = diminui o ângulo na articulação; *carpus* = punho)	Úmero.	Segundo e terceiro ossos metacarpais.	Flete e abduz a mão.
Flexor ulnar do carpo	Úmero e ulna.	Pisiforme, uncinado (hamato) e quinto osso metacarpal.	Flete e aduz a mão.
Palmar longo	Úmero.	Retináculo dos flexores.	Flexiona a mão.
Flexor profundo dos dedos. Não ilustrado.	Ulna.	Base das falanges distais.	Flete as falanges distais de cada dedo.
Flexor superficial dos dedos	Úmero, ulna e rádio.	Falanges médias.	Flete as falanges médias de cada dedo.
Compartimento Posterior (Extensores)			
Extensor radial longo do carpo (extensor = aumenta o ângulo na articulação)	Úmero.	Segundo osso metacarpal.	Estende e abduz a mão.
Extensor ulnar do carpo	Úmero e ulna.	Quinto osso metacarpal.	Estende e aduz a mão.
Extensor dos dedos	Úmero.	Da segunda à quinta falange.	Estende as falanges.

Figura 8.22 Músculos que movem o carpo (punho), a mão e os dedos.

Os músculos do compartimento anterior funcionam como flexores e os músculos do compartimento posterior funcionam como extensores.

(a) Vista superficial anterior

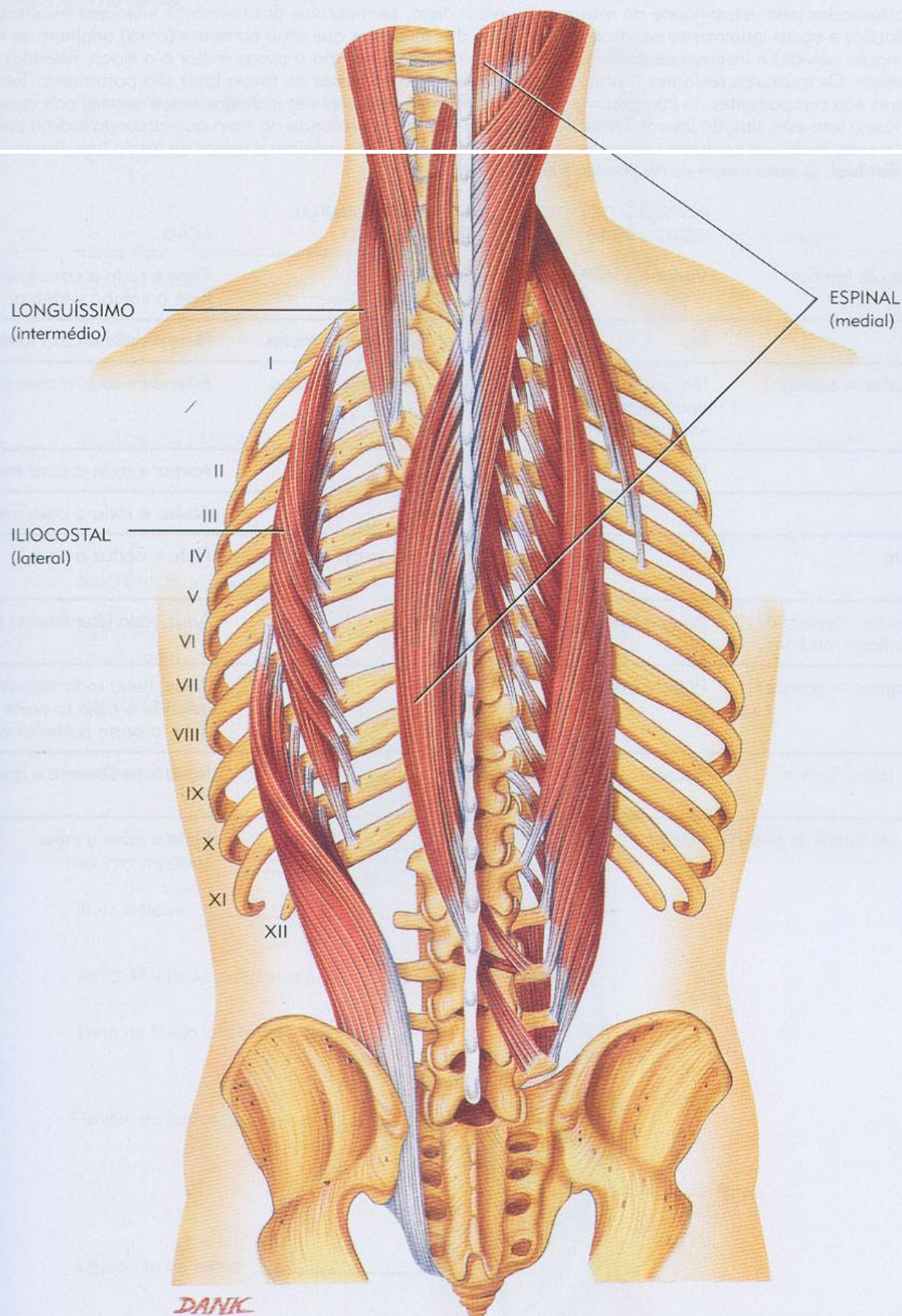
(b) Vista superficial posterior

Faça um círculo em três músculos que fletem a mão. Sublinhe três músculos que estendem a mão.

Quadro 8.12 Músculos que Movimentam a Coluna Vertebral (Figura 8.23)

Resumo: Os músculos que movem a coluna vertebral são bastante complexos pois têm múltiplas inserções e existe considerá sobreposição entre eles.

MÚSCULO	INSERÇÃO DE ORIGEM (PINTO FIXO)	INSERÇÃO TERMINAL (PONTO MÓVEL)	AÇÃO
Esternocleidomastóideo (*sternum* = esterno; *cleido* = clavícula; *mastoid* = processo mastóide do osso temporal) (veja a Figura 8.19c)	Esterno e clavícula.	Osso temporal.	Contrações de ambos os músculos fletem a parte cervical da coluna vertebral, trazem a cabeça para a frente e elevam o queixo; a contração de um músculo roda a cabeç em direção ao lado oposto ao do músculo em contração.
Reto do abdome (veja a Figura 8.17)	Púbis e sínfise púbica.	Cartilagens da quinta à sétima costela e esterno.	Flete a coluna vertebral na parte lombar e comprime o abdome.
Quadrado do lombo (veja a Figura 8.24a)	Ílio	Décima-segunda costela e quatro vértebras lombares superiores.	Flete a coluna vertebral lateralmente.
Eretor da espinha	Esta é a maior massa muscular do dorso e consiste de três partes: iliocostal, dorsal longo e espinhal. Estas partes, por sua vez, consistem de uma série de músculos sobrepostos. O iliocosta está situado lateralmente, o dorsal longo é intermédio e o espinhal está situado medialmente. Todas as três partes musculares estendem várias partes da coluna vertebral.		

Figura 8.23 Músculos que movimentam a coluna vertebral.

As partes do músculo eretor da espinha constituem a maior massa muscular do corpo.

Que músculos estendem a coluna vertebral? Que músculos a fletem?

Quadro 8.13 Músculos que Movem o Fêmur (Coxa) (Figura 8.24)

Resumo: Os músculos dos membros inferiores são maiores e mais poderosos que aqueles dos membros superiores, uma vez que os músculos dos membros inferiores atuam na estabilidade, na locomoção e na manutenção da postura. Os músculos dos membros superiores são caracterizados pela versatilidade do movimento. Além disso, os músculos dos membros inferiores freqüentemente atravessam duas articulações e agem igualmente em ambas. A maioria dos músculos que atua no fêmur (coxa) originam-se no cíngulo do membro inferior (cíngulo pélvico) e inserem-se no fêmur. Os músculos anteriores são o psoas maior e o ilíaco, referidos em conjunto como músculo iliopsoas. Os músculos restantes (exceto o pectíneo, adutores e tensor da fáscia lata) são posteriores. Tecnicamente, o pectíneo e os adutores são componentes do compartimento medial da coxa mas eles são incluídos nesse quadro pois agem na coxa. O músculo tensor da fáscia lata está situado lateralmente. A ***fáscia lata*** é a fáscia profunda da coxa que circunda toda a coxa. Ela é bem desenvolvida lateralmente, onde, em conjunto com os tendões dos músculos glúteo máximo e tensor da fáscia lata, forma uma estrutura denominada ***trato iliotibial***. O trato insere-se no côndilo lateral da tíbia.

MÚSCULO	INSERÇÃO DE ORIGEM (PONTO FIXO)	INSERÇÃO TERMINAL (PONTO MÓVEL)	AÇÃO
Psoas (*psoa* = músculo lombar)	Vértebras lombares.	Fêmur.	Flete e roda a coxa lateralmente; flete a coluna vertebral.
Ilíaco	Ílio.	Tendão do psoas maior.	Flete e roda a coxa lateralmente.
Glúteo máximo (*glutos* = nádega)	Ílio, sacro, cóccix e aponeurose do músculo sacroespinhal.	Trato iliotibial da fáscia lata e fêmur.	Estende e roda a coxa lateralmente.
Glúteo médio	Ílio.	Fêmur.	Abduz e roda a coxa medialmente.
Glúteo mínimo	Ílio.	Fêmur.	Abduz e roda a coxa medialmente.
Tensor da fáscia lata	Ílio.	Tíbia, por meio do trato iliotibial.	Flete e abduz a coxa.
Adutor longo (*adductor* = move a parte para junto da linha mediana)	Púbis e sínfise púbica.	Fêmur.	Aduz, roda lateralmente e flete a coxa.
Adutor magno (*magnus* = grande)	Púbis e ísquio.	Fêmur.	Aduz, flete, roda lateralmente e estende a coxa (a parte anterior flete, a parte posterior estende).
Piriforme (*pirum* = pera; *form* = em forma de)	Sacro.	Fêmur.	Roda lateralmente e abduz a coxa.
Pectíneo (*pecten* = em forma de pente)	Púbis.	Fêmur.	Flete e aduz a coxa.

igura 8.24 Músculos que movem o fêmur (coxa).

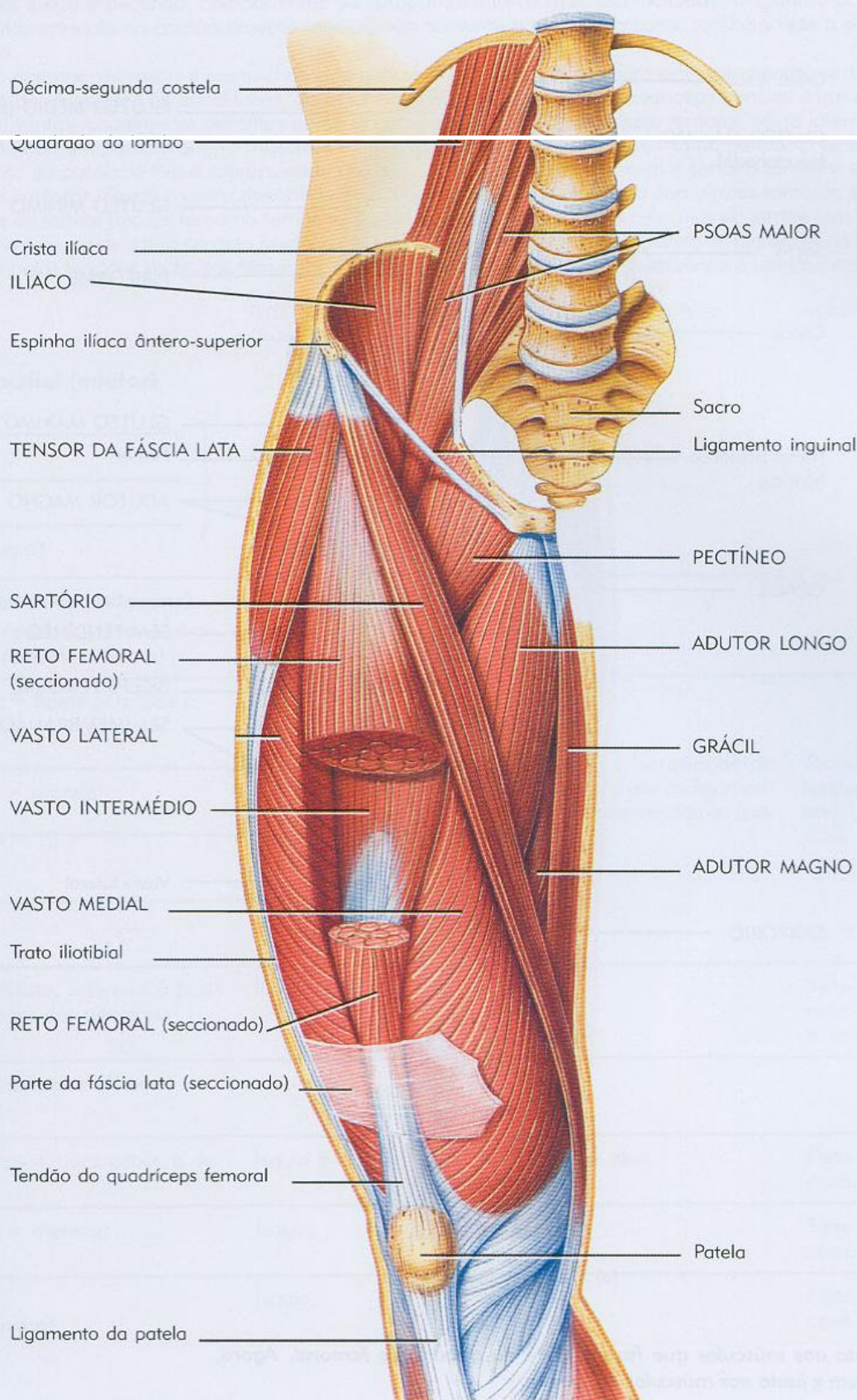
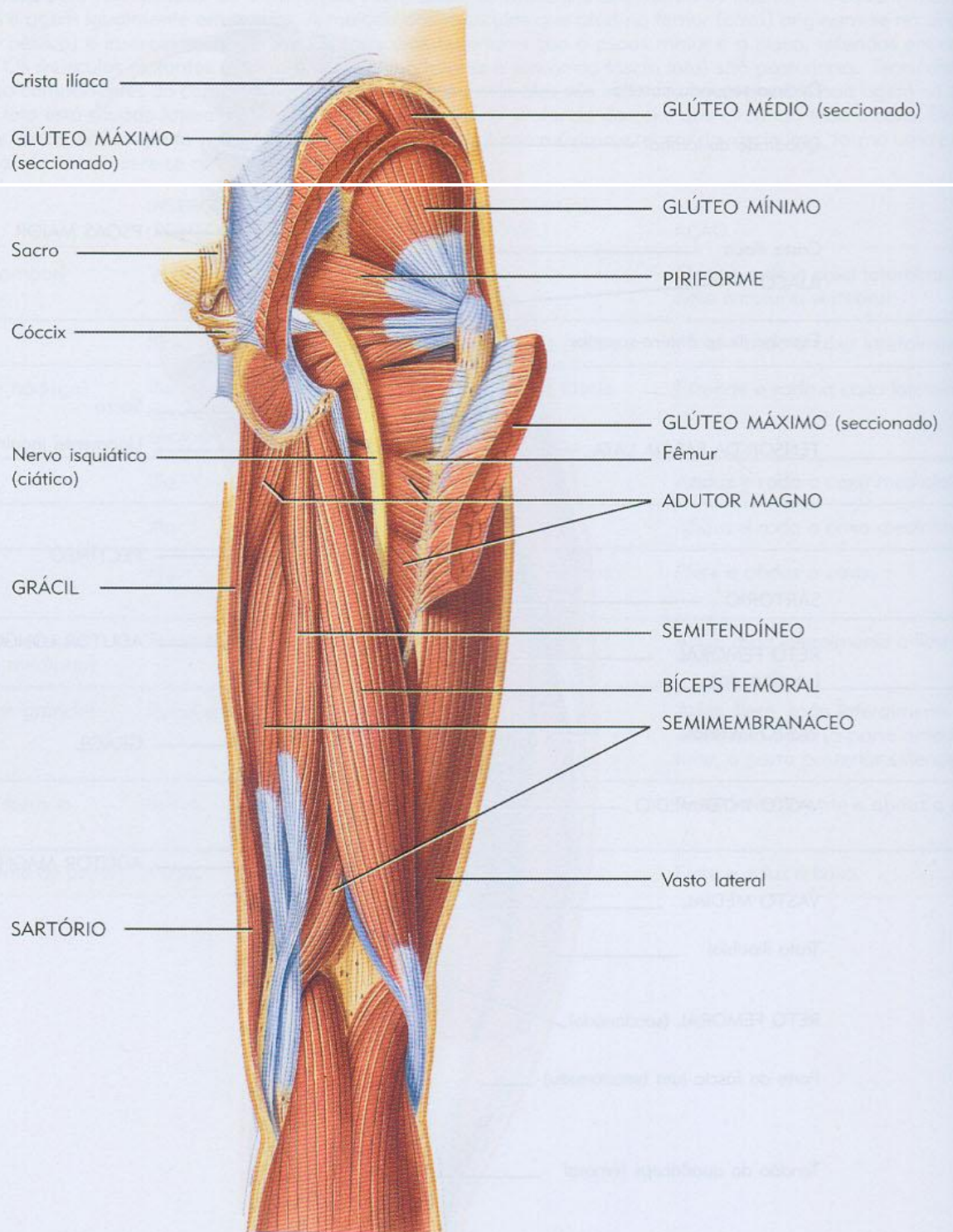
A maioria dos músculos da coxa origina-se no cíngulo do membro inferior (cíngulo pélvico) e insere-se no fêmur.

(a) Vista superficial anterior

Figura 8.24 (*Continuação*)

(b) Vista superficial posterior

P ***Marque um x junto aos músculos que fazem parte do quadríceps femoral. Agora, coloque também um x junto aos músculos do jarrete.***

Quadro 8.9 Músculos que Agem na Tíbia e na Fíbula (Perna) (Figura 8.24)

Resumo: Os músculos que atuam na tíbia e na fíbula (perna) originam-se no quadril e na coxa, e são separados em compartimentos pela fáscia muscular profunda. O *compartimento medial (adutor)* é assim chamado porque seus músculos aduzem a coxa. Os músculos adutor magno, adutor longo e pectíneo, componentes do compartimento medial, são incluídos no Quadro 8.13, pois agem sobre o fêmur. O grácil, o outro músculo no compartimento medial, não somente aduz a coxa como também flete a perna. Por essa razão, é incluído neste quadro.

O *compartimento anterior (extensor)* é assim chamado pois seus músculos atuam para estender a perna, e alguns também fletem a coxa. Ele é composto dos músculos do quadríceps, da coxa e do sartório. O músculo quadríceps femoral é um músculo composto que inclui quatro partes distintas, usualmente descritas como quatro músculos separados (reto femoral, vasto lateral, vasto medial e vasto intermédio). O tendão comum para os quatro músculos é o *tendão do quadríceps*, que se fixa na patela. O tendão continua abaixo da patela como *ligamento da patela*, e fixa à tuberosidade da tíbia. Os músculos reto femoral e sartório também são flexores da coxa.

O *compartimento posterior (flexor)* é assim denominado porque seus músculos fletem a perna (mas também estendem a coxa). Estão incluídos os músculos do jarrete (bíceps femoral, semitendíneo e semimembranáceo. Os músculos do jarrete têm esse nome porque seus tendões são longos e em forma de corda na área poplítea. *A fossa poplítea* é um espaço em forma de diamante na face posterior do joelho, limitado lateralmente pelos tendões do bíceps femoral e medialmente pelos músculos semitendíneo e semimembranáceo.

MÚSCULO	INSERÇÃO DE ORIGEM (PONTO FIXO)	INSERÇÃO TERMINAL (PONTO MÓVEL)	AÇÃO
Compartimento medial (adutor)			
Adutor magno	Veja o Quadro 8.13.		
Adutor longo			
Pectíneo			
Grácil (*gracilis* = magro)	Sínfise púbica.	Tíbia.	Aduz a coxa e flete a perna.
Compartimento anterior (extensor)			
Quadríceps femoral (*quadriceps* = quatro cabeças de origem; *femoris* = fêmur)			
Reto femoral (*rectus* = fibras paralelas à linha mediana)		Patela e tuberosidade da tíbia, por meio do ligamento da patela (tendão do quadríceps).	Todas as quatro cabeças estendem a perna; a porção do reto isolada também flete a coxa.
Vasto lateral (*vastus* = grande)			
Vasto medial			
Vasto intermédio			
Sartório (*sartor* = alfaiate; refere-se à posição de pernas cruzadas dos alfaiates)	Ílio.	Tíbia.	Flete a perna; flete a coxa e roda-a lateralmente, portanto cruzando a perna.
Compartimento posterior (flexor)			
Músculos do jarrete			
Bíceps femoral (bíceps = duas cabeças de origem)	Ísquio e fêmur.	Fíbula e tíbia.	Flete a perna e estende a coxa.
Semitendíneo (semi = metade; *tendo* = tendão)	Ísquio.	Tíbia.	Flete a perna e estende a coxa.
Semimembranáceo (*membran* = membrana)	Ísquio.	Tíbia.	Flete a perna e estende a coxa.

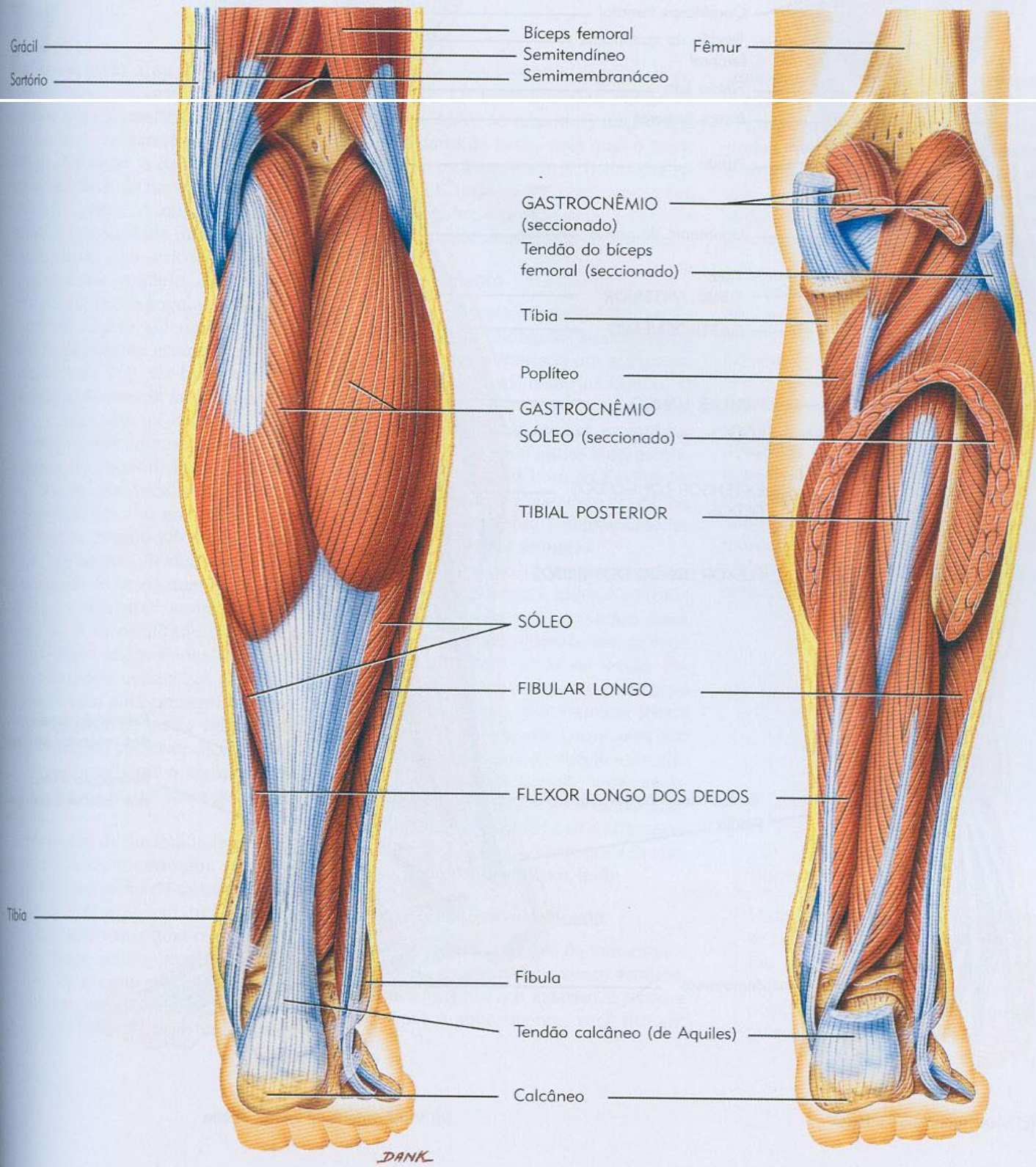
Quadro 8.15 Músculos que Movimentam o Pé e os Dedos do Pé (Figura 8.25)

Resumo: Os músculos que movem o pé e os dedos do pé estão localizados na perna. A musculatura da perna, assim como a da coxa, é dividida em três compartimentos pela fáscia muscular profunda. O ***compartimento anterior*** consiste de músculos que dorsifletem o pé. Em uma situação análoga à do punho, os tendões dos músculos do compartimento anterior são unidos firmemente ao tornozelo por espessamentos da fáscia muscular profunda denominados ***retináculo superior dos músculos extensores (ligamento transverso do tornozelo)*** e ***retináculo inferior dos músculos extensores (ligamento cruzado do tornozelo)***.

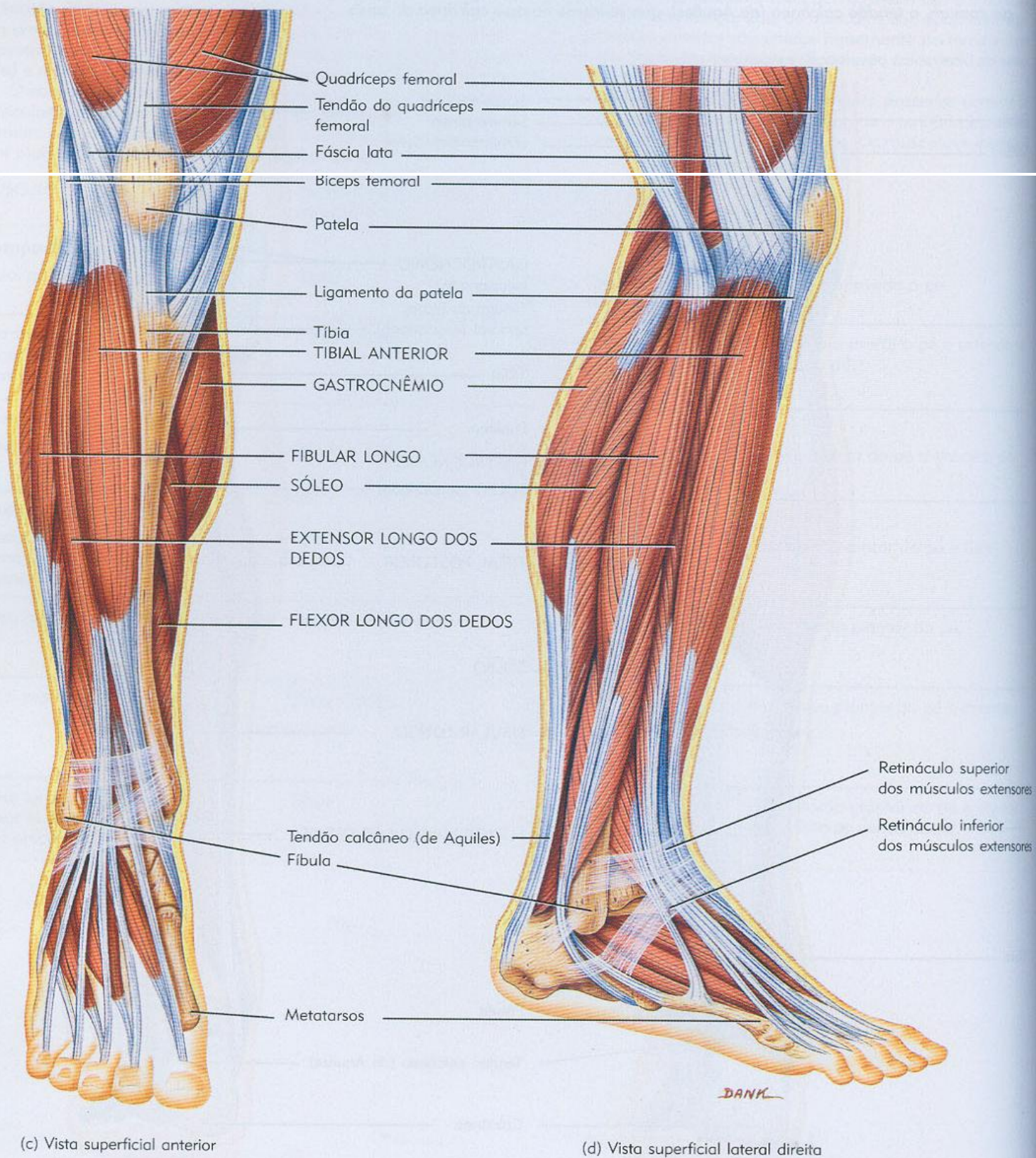
O ***compartimento lateral*** contém músculos que fazem a flexão plantar e evertem o pé. O ***compartimento posterior*** consiste de músculos que podem ser divididos em grupos superficial e profundo. Os músculos superficiais compartilham um tendão de inserção comum, o tendão calcâneo (de Aquiles), o mais forte tendão do corpo, que se insere no osso calcâneo do tarso. Os músculos superficiais e os mais profundos fazem a flexão plantar do pé.

MÚSCULO	INSERÇÃO DE ORIGEM (PONTO FIXO)	INSERÇÃO TERMINAL (PONTO MÓVEL)	AÇÃO
Compartimento anterior			
Tibial anterior	Tíbia.	Primeiro osso metatarsal e cuneiforme medial.	Dorsiflete e inverte o pé.
Extensor longo dos dedos (extensor = aumenta o ângulo em uma articulação)	Tíbia e fíbula.	Falanges média e distal dos quatro dedos laterais do pé.	Dorsiflete e everte o pé e estende os dedos do pé.
Compartimento lateral			
Fibular longo	Fíbula e tíbia.	Primeiro osso metatarsal e cuneiforme medial.	Flete a planta do pé e everte o pé.
Compartimento posterior			
Gastrocnêmio (do m. tríceps da perna) (*gaster* = barriga; *kneme* = perna)	Fêmur.	Calcâneo, por meio do tendão do calcâneo (de Aquiles).	Faz flexão plantar do pé e flete a perna.
Sóleo (*soleus* = sola do pé)	Fíbula e tíbia.	Calcâneo, por meio do tendão calcâneo (de Aquiles).	Faz a flexão plantar do pé.
Tibial posterior	Tíbia e fíbula.	Segundo, terceiro e quarto ossos metatarsais; navicular; todos os três cuneiformes e o cubóide.	Faz flexão plantar do pé e inverte o pé.
Flexor longo dos dedos (flexor = diminui o ângulo em uma articulação)	Tíbia.	Falanges distais dos quatro dedos laterais do pé.	Faz a flexão plantar do pé e inverte o pé; flete os dedos do pé.

Figura 8.25 Músculos que movem o pé e os dedos do pé.

Os músculos superficiais do compartimento posterior compartilham um tendão de inserção comum, o tendão calcâneo (de Aquiles), que se insere no osso calcâneo do tarso.

(a) Vista superficial posterior

(b) Vista profunda posterior

Figura 8.25 (*Continuação*)

(c) Vista superficial anterior

(d) Vista superficial lateral direita

P ***Faça um círculo sobre os músculos que dorsifletem o pé.***

foco no bem-estar

Flexibilidade: Uma Questão de Grau

Um certo grau de elasticidade é um atributo importante do tecido muscular pois a elasticidade contribui para dar uma característica conhecida como flexibilidade. A flexibilidade refere-se à amplitude de movimento de uma articulação (AMA). A amplitude de movimento é a capacidade máxima de mover os ossos de uma articulação através de um arco. Por exemplo, se um joelho lesado pode ir de um ângulo de 50° completamente fletido até um ângulo de 120° completamente estendido, a AMA do joelho é de 70°. Os fisioterapeutas medem as melhoras na mobilidade articular por aumentos na AMA.

A maioria dos atletas conhece a importância da flexibilidade. Esportes como a dança, ginástica, *skate* e mergulho requerem um alto grau de flexibilidade. Porém, mesmo atletas de esportes que não exigem flexibilidade incluem exercícios de alongamento em seus treinos para aumentar ou manter o desempenho. A flexibilidade melhora o desempenho e previne lesões. Por exemplo, os corredores utilizam os exercícios de alongamento para prevenir o retesamento muscular na parte inferior do dorso e na região posterior da coxa (jarrete), e para melhorar o comprimento das passadas e a forma física geral para corridas.

Algum grau de flexibilidade é necessário para todos, mesmo que seja apenas para a realização de tarefas diárias simples. A limitação em sua AMA do ombro dificulta vestir uma camiseta sobre sua cabeça, erguer um prato de uma prateleira ou mesmo pentear o cabelo. À medida que envelhecemos, os músculos tendem a encurtar, especialmente se não fazemos exercícios de alongamento regularmente. Os músculos mais curtos diminuem a AMA de uma articulação. Isto pode ser parte da razão pela qual o envelhecimento está associado à rigidez das articulações. É importante lembrar, porém, que essa rigidez é devida mais à falta de exercício do que meramente ficar velho.

Faça Alongamento

Quando um músculo relaxado é fisicamente (passivamente) alongado, sua capacidade de se alongar é limitada por estruturas de tecido conjuntivo, como as fáscias. O alongamento regular gradualmente aumenta o comprimento dessas estruturas, mas o processo ocorre muito lentamente. Para observar uma melhora na flexibilidade, os exercícios de alongamento devem ser realizados regularmente – diariamente, se possível – por muitas semanas.

O tecido colágeno alonga-se melhor quando uma força lenta e suave é aplicada em temperaturas elevedas do tecido. Uma fonte externa de calor, como bolsas de água quente ou ultra-som, pode ser usada. Porém, dez minutos ou mais de contração muscular, se possível, são a melhor forma de elevar a temperatura do corpo, pois isso aquece o músculo mais profunda e amplamente. É daí que vem o nome "aquecimento". É importante aquecer-se *antes* do alongamento, e não o contrário. O alongamento de músculos frios não aumenta a flexibilidade e pode mesmo causar lesão.

A Contração É Contra-indicada

O modo mais fácil e seguro de aumentar a flexibilidade é pelo alongamento estático. Um bom alongamento estático é lento e suave. Após o aquecimento, você fica em uma posição confortável de alongamento e então relaxa. Continuando a relaxar e a respirar profundamente, você estica um pouco mais... e um pouco mais, mantendo o alongamento por pelo menos 30 segundos. Se você tiver dificuldade em relaxar, saiba que se alongou demais. Reduza, até que sinta um alongamento mas sem tensão.

Ao se alongar, é importante relaxar. Parece simples, certo? Mas, se um dia você visitar uma classe de exercícios, notará que algumas pessoas estão tensas, rígidas e curvadas, pois as posições de alongamento são desconfortáveis; seus músculos enrijecem-se em protesto. Essas pessoas acham que deveriam se esforçar um pouco mais, e tensionam-se ainda mais. Elas estão ativando inadvertidamente os nervos motores que iniciam a contração muscular nos próprios músculos que elas deveriam relaxar, o que, é claro, interfere com a capacidade dos músculos de se alongar!

Pensamento Crítico

Usando a informação apresentada nesse capítulo, descubra que músculos estão sendo alongados quando você se inclina e toca os dedos dos pés. Que posições de alongamento alongam o músculo peitoral maior?

Doenças Comuns

Fibrose

A formação de tecido conjuntivo fibroso em locais onde normalmente ele não existe é denominada ***fibrose***.

Fibromialgia

Fibromialgia (algia = condição dolorosa) refere-se a um grupo de doenças reumáticas comuns não-articulares, caracterizadas por dor, sensibilidade e rigidez dos músculos, tendões e tecidos moles circundantes.

Distrofias Musculares

As ***distrofias musculares*** (distrofia = degeneração) são doenças hereditárias degenerativas dos músculos, caracterizadas pela degeneração das fibras musculares individuais (células) que leva a uma atrofia progressiva do músculo esquelético.

Miastenia Grave

A ***miastenia grave*** é um enfraquecimento dos músculos esqueléticos causado por uma anormalidade na junção neuromuscular que impede as fibras musculares de se contraírem. A miastenia grave é um distúrbio auto-imune causado por anticorpos que se ligam aos receptores e impedem a fixação da ACh.

Contrações Anormais

Um tipo de contração muscular anormal é o ***espasmo***, uma contração involuntária súbita de grandes grupos de músculos. O ***tremor*** é uma contração rítmica, involuntária, sem propósito, de grupos musculares antagônicos. O ***tique*** é uma contração espasmódica feita involuntariamente por músculos que normalmente estão sob controle voluntário.

Efeitos dos Esteróides Anabólicos para o Desenvolvimento Muscular

Estes esteróides, um derivado do hormônio testosterona, são usados para desenvolver proteínas musculares, e assim, aumentar a força e a resistência. Porém os esteróides anabólicos apresentam uma série de efeitos colaterais, incluindo câncer de fígado, lesão renal, risco aumentado de doença cardíaca, irritabilidade e comportamento agressivo, os sintomas psicóticos (incluindo alucinações) e grandes mudanças de humor. Nas mulheres, os efeitos colaterais adicionais incluem esterilidade, desenvolvimento de pêlos na face, voz grossa, diminuição no tamanho das mamas e do útero, aumento do clitóris e irregularidades na menstruação. Em homens, os efeitos colaterais adicionais incluem uma redução no tamanho dos testículos, calvície, desenvolvimento excessivo das glândulas mamárias e diminuição da secreção de hormônios e da produção de espermatozóides pelos testículos.

Terminologia e Condições Médicas

Eletromiografia ou EMG (*eletro* = eletricidade; *myo* = músculo; *graph* = escrever) O registro e o estudo das alterações elétricas que ocorrem no tecido muscular.

Gangrena (*gangraena* = uma ferida progressiva) Morte de um tecido mole, como o músculo, que resulta da interrupção de seu suprimento sangüíneo.

Mialgia (algia = condição dolorosa) Dor nos ou associada aos músculos.

Mioma (*oma* = tumor) Um tumor consistindo de tecido muscular.

Miomalacia (*malaco* = mole) Amolecimento de um músculo.

Miopatia (*pathos* = doença) Qualquer doença do tecido muscular.

Miosite (*ite* = inflamação de) Inflamação das fibras musculares (células).

Mioespasmo Espasmo de um músculo.

Miotonia (*tonia* = tensão) Excitabilidade e contratilidade muscular aumentadas, com poder diminuído de relaxamento; espasmo tônico do músculo.

Paralisia (*para* = além; eyein = enfraquecer) Perda ou redução da função motora (muscular) resultante de uma lesão de origem nervosa ou muscular.

Torcicolo (*tortus* = torcido; colum = pescoço) Contração espasmódica de vários músculos superficiais e profundos do pescoço que faz o mesmo se inclinar, produzindo uma posição não-natural da cabeça.

Resumo dos Estudos

Tipos de Tecido Muscular

1. O tecido muscular esquelético está inserido nos ossos na maior parte das vezes. Ele é estriado e voluntário.
2. O tecido muscular cardíaco forma a maior parte da parede do coração. Ele é estriado e involuntário.
3. O tecido muscular liso está localizado nas vísceras. Ele não é estriado e é involuntário.

Funções do Tecido Muscular

1. Por meio da contração, o tecido muscular realiza quatro funções importantes.
2. Estas funções são o movimento do corpo, o movimento de substâncias dentro do corpo, a estabilização das posições do corpo e a produção de calor.

Características do Tecido Muscular (p. 154)

1. Excitabilidade é a propriedade de receber e responder aos estímulos.
2. Contratilidade é a capacidade de encurtar e espessar (contrair-se).
3. Extensibilidade é a capacidade de ser estirado (estender-se).
4. Elasticidade é a capacidade de retornar à forma original após a contração ou a extensão.

Tecido Muscular Esquelético

Componentes de Tecido Conjuntivo

1. O termo fáscia é aplicado a uma lâmina ou faixa larga de tecido conjuntivo fibroso sob a pele ou em torno dos músculos e órgãos do corpo.
2. Outros componentes do tecido conjuntivo são o epimísio, cobrindo todo o ventre (corpo) do músculo; perimísio, cobrindo os fascículos musculares; endomísio, cobrindo as fibras musculares.
3. Tendões e aponeuroses são extensões de tecido conjuntivo além das fibras musculares que fixam o músculo no osso ou em outro músculo.

Suprimentos Nervoso e Sangüíneo

1. Os nervos enviam impulsos (potenciais de ação) para a contração muscular.
2. O sangue fornece nutrientes e oxigênio para a contração.

Histologia

1. O músculo esquelético consiste de fibras cobertas por um sarcolema. As fibras contêm sarcoplasma, núcleos, mitocôndrias, mioglobina, moléculas de alta energia, retículo sarcoplasmático e túbulos transversos.
2. Cada fibra também contém miofibrilas que consistem de miofilamentos delgados e espessos. Os miofilamentos são compartimentalizados em sarcômeros.
3. Os miofilamentos delgados são compostos de actina, tropomiosina e troponina; os miofilamentos espessos consistem de miosina.
4. As cabeças de miosina projetadas são denominadas pontes cruzadas.

Contração (p. 157)

Mecanismo do Filamento Deslizante (p. 157)

1. Um potencial de ação muscular corre sobre o sarcolema e entra nos túbulos transversos e no retículo sarcoplasmático.
2. O potencial de ação leva à liberação de íons cálcio do retículo sarcoplasmático.
3. A contração real ocorre quando os miofilamentos delgados de um sarcômero deslizam uns contra os outros, quando as cabeças de miosina tracionam os miofilamentos de actina.

Junção Neuromuscular (p. 158)

1. Um neurônio motor transmite um impulso nervoso (potencial de ação do nervo) a um músculo esquelético, o que estimula a contração.
2. Um neurônio motor e as fibras musculares que ele estimula formam uma unidade motora.
3. Uma única unidade motora pode inervar de 10 a 2.000 fibras musculares aproximadamente.
4. A junção neuromuscular refere-se à terminação axonal de um neurônio motor e à porção do sarcolema da fibra muscular junto a, mas não em contato com ele (placa motoral).

Fisiologia da Contração (p. 158)

1. Quando um impulso nervoso (potencial de ação do nervo) atinge uma terminação axonal, as vesículas sinápticas da terminação liberam acetilcolina (ACh), que inicia um potencial de ação muscular no sarcolema. O potencial de ação muscular então corre nos túbulos transversos e retículo sarcoplasmático para liberar parte de seu Ca^{2+} armazenado no sarcoplasma.
2. O Ca^{2+} liberado combina-se com a troponina, fazendo-a puxar a tropomiosina para alterar sua posição, expondo assim os sítios de ligação da miosina na actina.
3. A fonte imediata e direta de energia para a contração muscular é o ATP. A ATPase quebra o ATP em ADP + Ⓟ, e a energia liberada ativa (energiza) as cabeças de miosina (pontes cruzadas).
4. As cabeças de miosina ativadas fixam-se à actina, e ocorre uma alteração na orientação das cabeças de miosina (pico de força); seu movimento resulta no deslizamento dos miofilamentos delgados.
5. O relaxamento ocorre quando a ACh é degradada e o Ca^{2+} é bombeado do sarcoplasma para o retículo sarcoplasmático.

Energia para a Contração (p. 162)

1. A fonte imediata e direta de energia para a contração muscular é o ATP.
2. As fibras musculares geram ATP continuamente. Isto envolve o fosfato de creatina e o metabolismo de nutrientes como o glicogênio.

Princípio do Tudo-ou-Nada (p. 163)

1. O estímulo mais fraco capaz de produzir contração é um estímulo limiar.
2. As fibras musculares de uma unidade motora contraem-se em sua extensão total ou não se contraem.

Homeostase (p. 163)

1. O débito de oxigênio é a quantidade de O_2 necessária para converter o ácido lático acumulado em CO_2 e H_2O. Isto ocorre durante o exercício extenuante e é compensado pela respiração rápida após o exercício, até que a homeostase entre a atividade muscular e as necessidades de oxigênio seja restaurada.
2. A fadiga muscular resulta da disponibilidade diminuída de oxigênio, dos efeitos tóxicos do dióxido de carbono e do acúmulo de ácido lático durante o exercício. 3. O calor proveniente da contração muscular mantém a homeostase da temperatura corporal.

Tipos de Contrações (p. 163)

1. Os vários tipos de contrações são a contração rápida, tetania, contrações isotônica e isométrica.

2. Um registro de uma contração é denominado miografia. O período refratário é o momento em que um músculo perdeu temporariamente a excitabilidade. Os músculos esqueléticos possuem um período refratário curto. O músculo cardíaco tem um período refratário longo.
3. A somação de ondas é a força aumentada de contração resultante da aplicação de um segundo estímulo antes do músculo ter relaxado completamente após um estímulo prévio.

Tônus Muscular (p. 164)

1. Uma contração parcial sustentada de partes de um músculo esquelético resulta no tônus muscular.
2. O tônus é essencial para manter a postura.

Atrofia Muscular e Hipertrofia (p. 165)

1. A atrofia muscular refere-se a um estado de perda (redução) muscular.
2. A hipertrofia muscular refere-se a um aumento no diâmetro das fibras musculares.

Tecido Muscular Cardíaco (p. 165)

1. Esse tecido muscular é encontrado somente no coração. Ele é estriado e involuntário.
2. As fibras são quadradas no corte transversal e usualmente contêm um único núcleo centralmente situado.
3. As fibras ramificam-se livremente e estão conectadas pelas junções comunicantes.
4. Os discos intercalares fornecem a força e auxiliam na condução do potencial de ação.
5. Diferentemente do tecido muscular esquelético, o tecido muscular cardíaco contrai e relaxa rápida, contínua e ritmicamente. A energia é suprida por mitocôndrias numerosas e grandes.
6. O tecido muscular cardíaco pode contrair-se sem uma estimulação extrínseca, e pode permanecer contraído por mais tempo que o tecido muscular esquelético.
7. O tecido muscular cardíaco tem um período refratário longo, que impede a tetania.

Tecido Muscular Liso (p. 165)

1. O tecido muscular liso é não estriado e involuntário.
2. As fibras musculares lisas contêm filamentos intermediários, além dos miofilamentos delgados e espessos e corpos densos.
3. O músculo liso visceral (uma unidade) é encontrado nas paredes das vísceras. As fibras estão dispostas em uma rede de modo que a contração ocorre em uma onda sobre muitas fibras adjacentes.
4. O músculo liso multiunitário é encontrado nos vasos sangüíneos e nos olhos. As fibras operam isoladamente e não como uma unidade.
5. A duração da contração e do relaxamento no músculo liso é maior do que no músculo esquelético.
6. As fibras musculares lisas contraem-se em resposta a impulsos nervosos, hormônios e fatores locais.
7. As fibras musculares lisas podem distender-se consideravelmente sem desenvolver tensão.

Como os Músculos Esqueléticos Produzem Movimento (p. 167)

1. Os músculos esqueléticos produzem movimento tracionando os ossos.
2. A fixação ao osso imóvel é a inserção de origem. A fixação ao osso móvel é a inserção terminal.
3. O agonista produz a ação desejada. O antagonista produz uma ação oposta. O sinergista auxilia o agonista reduzindo o movimento desnecessário. O fixador estabiliza a origem do agonista de modo que ele possa atuar mais eficientemente.

Nomeando os Músculos Esqueléticos (p.168)

1. Os nomes da maioria dos músculos esqueléticos indicam características específicas.
2. As principais categorias descritivas são a direção das fibras, a localização, o tamanho, o número de origens (ou cabeças), a forma, as inserções de origem terminal e a ação.

Principais Músculos Esqueléticos (p. 168)

1. Os principais músculos esqueléticos do corpo são agrupados de acordo com a região nos Quadros 8.3 a 8.15.
2. Ao estudar os grupos, consulte a Figura 8.13 para ver como cada grupo se relaciona com todos os outros.

Auto-avaliação

1. A bainha de tecido conjuntivo que circunda um músculo esquelético é conhecida como
   a. perimísio b. miofilamento c. epimísio d. fascículo
   e. tendão
2. Qual das seguintes não é uma função do tecido muscular?
   a. movimento b. produção de calor c. produção de hemoglobina d. manutenção da postura e. regulação do volume dos órgãos
3. Os feixes de células musculares (fibras) envolvidos pelo perimísio são denominados
   a. miofilamentos b. miofibras c. sarcômeros d. sarcolemas
   e. fascículos
4. Cada fibra muscular individual está envolvida por
   a. epimísio b. endomísio c. fáscia superficial
   d. perimísio e. sarcômeros
5. Após 5 a 6 segundos, o ATP nas cabeças de miosina é exaurido e o músculo deve depender de ________ para produzir rapidamente mais ATP para a contração.
   a. acetilcolina b. fosfato de creatina c. ácido lático
   d. ácido pirúvico e. acetilcolinesterase
6. A glicólise envolve
   a. a degradação do glicerol para produzir energia b. o uso de oxigênio para degradar a glicose c. ácido pirúvico e oxigênio d. a degradação de glicose a ácido pirúvico e. fosfato de creatina e ADP

7. Após a contração muscular em resposta a um estímulo, o músculo temporariamente não pode responder a outro estímulo. Isto é conhecido como
a. período refratário b. período de somação c. período latente d. débito de oxigênio e. tetania completa
8. Quando um estímulo limiar é aplicado a uma fibra muscular, esta irá se contrair completamente ou não se contrairá. Isto é conhecido como
a. pulso de força b. teoria do filamento deslizante c. princípio do tudo-ou-nada d. tetania e. período de contração
9. A capacidade do tecido muscular de retornar à sua forma original após a contração é denominada
a. excitabilidade b. extensibilidade c. elasticidade d. contratilidade e. entropia
10. A rede de túbulos revestidos por membranas que armazena íons cálcio na fibra muscular é
a. retículo sarcoplasmático b. sarcolema c. sarcômero d. sarcoplasma e. túbulos transversos
11. As estrias do músculo esquelético são devidas a
a. túbulos transversos b. disposição dos núcleos na fibra muscular multinucleada c. corte transversal das miofibrilas d. bandas A e bandas I alternadas e. cabeças de miosina (pontes cruzadas)
12. Uma unidade motora consiste de
a. um túbulo transverso e seus sarcômeros associados
b. um neurônio motor e todas as fibras musculares que ele estimula c. um músculo e todos os seus neurônios motores d. todos os miofilamentos dentro do sarcômero e. a placa motora e os túbulos transversos
13. Os miofilamentos espessos
a. são compostos de actina, troponina e tropomiosina
b. compõem a banda I c. alongam todo o comprimento do sarcômero d. possuem sítios de ligação para o Ca^{2+}
e. possuem cabeças de miosina (pontes cruzadas) usadas para o pico de força
14. Enquanto o bíceps do braço está se contraindo, o tríceps do braço age como
a. agonista b. antagonista c. contração isométrica d. contração isotônica e. sinergista
15. Os músculos esqueléticos são denominados utilizando-se várias características. Qual característica não é usada para nomear os músculos esqueléticos?
a. direção das fibras b. tamanho c. velocidade de contração d. localização e. forma
16. Disponha o que segue na ordem correta para a contração do músculo esquelético:
1. O retículo sarcoplasmático libera Ca^{2+}
2. O Ca^{2+} combina-se com a troponina
3. A acetilcolina é liberada do terminal axonal
4. O potencial de ação corre do sarcolema para os túbulos transversos
5. As cabeças de miosina ativadas (pontes cruzadas) fixam-se à actina
6. Os filamentos delgados deslizam
a. 3,4,1,2,5,6
b. 4,3,2,1,5,6
c. 1,2,3,4,5,6
d. 4,1,3,5,2,6
e. 3,1,4,5,2,6
17. Todos os seguintes fatores podem resultar em um aumento no tamanho do músculo, EXCETO
a. treinamento com pesos b. atrofia por denervação c. hormônio de crescimento humano d. testosterona e. contração isotônica
18. Músculo liso
a. suas fibras ramificam-se livremente e contêm discos intercalares b. Suas fibras são longas, cilíndricas e multinucleadas c. Desenvolve uma tensão considerável quando distendido d. A contração pode ocorrer em uma onda e. Contrai-se rápida, contínua e ritmicamente
19. Correlacione os seguintes:

____ a. miofilamentos espessos contendo cabeças de miosina (pontes cruzadas)	A. trapézio
____ b. pigmento avermelhado nas células musculares	B. miosina
____ c. área densa que separa os sarcômeros	C. mioglobina
____ d. miofilamentos delgados contendo troponina	D. adutor longo
____ e. zona estriada do sarcômero composta de miofilamentos delgados	E. discos Z
____ f. zona estriada do sarcômero composta de miofilamentos espessos e delgados	F. grupo do quadríceps
____ g. organela do músculo que contém cálcio	G. actina
____ h. região do sarcolema próxima à terminação terminal axonal adjacente	H. banda A
____ i. bolsa contendo neurotransmissor	I. fenda sináptica
____ j. espaço entre a terminação axonal e o sarcolema do músculo	J. gastrocnêmio
____ k. estende e roda lateralmente a coxa	K. deltóide
____ l. aduz e roda lateralmente a coxa	L. masseter
____ m. comprime o abdome e flete a coluna vertebral	M. palmar longo
____ n. flete o pescoço	N. banda I
____ o. flete e abduz a mão	O. retículo sarcoplasmático
____ p. flete a mão	P. placa motora
____ q. flete, aduz e rota o braço medialmente	Q. reto do abdome
____ r. aduz, flete, estende e rota o braço medial e lateralmente	R. tibial anterior
____ s. eleva, deprime, aduz a escápula	S. frontal
____ t. eleva a mandíbula, fecha a boca	T. vesícula sináptica
____ u. traciona o couro cabeludo para a frente	U. grande dorsal
____ v. estende, aduz e roda o braço medialmente	V. peitoral maior
____ w. dorsiflete e inverte o pé	W. esternocleidomastóideo
____ x. faz flaxão plantar do pé e flete a perna	X. flexor radial do carpo
____ y. estende a perna	Y. glúteo máximo

Aplicação do Pensamento Crítico

1. A carne de peito de peru domesticado (que não voa) é "branca". A carne da perna do peru domesticado (que corre) é "escura". A cor do músculo esquelético é determinada pelo suprimento de sangue, mioglobina e mitocôndrias. Explique as diferenças estruturais e funcionais entre a carne branca e a carne escura.
2. Irene chegou atrasada para sua partida de tênis e não se aqueceu antes do jogo. Ao fazer um movimento rápido, ela sentiu uma dor súbita e aguda na região posterior da coxa (jarrete). Mais tarde, a perna de Irene tinha um grande hematoma diagnosticado como um sangramento intramuscular. Você pode explicar a causa da dor e do sangramento?
3. Bill rompeu alguns ligamentos em seu joelho enquanto esquiava. Ele usou gesso dos dedos do pé à coxa por 6 semanas. Quando o gesso foi removido, o membro inferior "curado" estava notavelmente mais fina que o que não foi engessado. O que aconteceu com seu membro, e o que ele deve fazer?
4. O jornal noticiou vários casos de botulismo após um jantar beneficiente para arrecadar fundos para a clínica local. A causa afigurou-se como a salada de três tipos de grãos "temperada" com a bactéria *Clostridium botulinum*. O *C. botulinum* produz uma toxina que bloqueia a liberação de acetilcolina pelo neurônio motor. Qual seria o resultado do botulismo sobre a função muscular?
5. A esposa de um competidor fisiculturista vem tentando engravidar há mais de 1 ano. A esposa culpa o uso de esteróides anabólicos pelo marido. O marido acha que os seus esteróides são "todos naturais" portanto não podem ser o problema. O que você acha?
6. Imagine que o útero é constituído de músculo esquelético em vez de músculo liso. Como esta alteração afetaria a função uterina? Como a substituição do músculo cardíaco por músculo esquelético afetaria a função cardíaca?

Respostas às Perguntas das Figuras

8.1 Endomísio, perimísio, epimísio, fáscia muscular profunda e fáscia superficial.
8.2 A banda A é principalmente composta de miofilamentos espessos; a banda I, de miofilamentos delgados; os íons cálcio (Ca^{2+}) são armazenados no retículo sarcoplasmático.
8.3 Banda A: miosina, actina, troponina e tropomiosina; banda I: actina, troponina e tropomiosina.
8.4 Eles desaparecem; não.
8.5 A região do sarcolema próximo à terminação axonal.
8.6 Troponina.
8.7 As cabeças de miosina (pontes cruzadas) não seriam capazes de se desprender da actina.
8.9 Período de contração.
8.10 Período refratário longo.
8.11 Visceral (uma unidade).
8.12 Agonista; antagonista; sinergista.
8.13 Respostas possíveis: direção das fibras – oblíquo externo; forma – deltóide; ação – extensor dos dedos; tamanho – glúteo máximo; inserção de origem e terminal – esternocleidomastóideo; localização – tibial anterior; número de origens – bíceps do braço.
8.14 Franzir o cenho – frontal; sorrir – zigomático maior; expressão de tristeza e medo – platisma; olhar esgazeado (espanto) – orbicular do olho.
8.15 Inserção de origem; inserção terminal.
8.16 Reto lateral, oblíquo superior e oblíquo inferior.
8.17 Reto do abdome.
8.18 Diafragma e intercostais externos.
8.19 Costelas – subclávio, peitoral maior, serrátil anterior; vértebras – trapézio, levantador da escápula, rombóide maior.
8.20 Peitoral maior e grande dorsal.
8.21 Bíceps do braço, braquial e braquiorradial.
8.22 Flexor radial do carpo, flexor ulnar do carpo e palmar longo fletem o punho; extensor radial longo do carpo, extensor ulnar do carpo e extensor dos dedos estendem o punho.
8.23 Eretor da espinha estende; esternocleidomastóideo, reto do abdome e quadrado lombar fletemo.
8.24 Quadríceps da coxa- reto da coxa, vasto lateral, vasto medial e vasto intermédio; jarrete – bíceps da coxa, semitendíneo, semimembranáceo.
8.25 Tibial anterior e extensor longo dos dedos.

objetivos do aprendizado

O Tecido Nervoso

uma visão geral

O corpo possui dois centros de controle (coordenação), um para a resposta rápida – o sistema nervoso – e um que faz ajustes mais lentos mas não menos importantes para manter a homeostase – o sistema endócrino. O sistema nervoso apresenta três funções básicas. Primeira, ele sente as alterações (estímulos) dentro do corpo (meio interno) e no ambiente externo (meio externo); esta é sua função sensitiva. Segunda, ele analisa a informação sensitiva, armazena uma parte dela e toma decisões sobre os comportamentos apropriados; esta é sua função *integradora* (de associação). Terceira, ele *responde* aos estímulos iniciando a ação em forma de contrações musculares ou secreções glandulares; esta é sua função motora.

O ramo da ciência médica que lida com o funcionamento normal e distúrbios do sistema nervoso é denominado ***neurologia*** (*neuro* = nervo ou sistema nervoso; *logos* = estudo de).

Organização

Objetivo: *Descrever a organização do sistema nervoso.*

O sistema nervoso tem duas divisões principais, o ***sistema nervoso central (SNC)*** e o ***sistema nervoso periférico (SNP)*** (Figura 9.1).

O SNC consiste do encéfalo e da medula espinal. Dentro do SNC, muitos tipos diferentes de informação sensitiva (aferente) são integrados e correlacionados, pensamentos e emoções são gerados e memória é formada e armazenada. A maioria dos impulsos nervosos que estimulam a contração muscular e a secreção glandular origina-se no SNC (eferentes).

O SNC está conectado a receptores sensitivos, músculos e glândulas nas partes periféricas do corpo por meio do SNP. O SNP consiste de ***nervos cranianos***, que se originam no encéfalo, e

Figura 9.1 Organização do sistema nervoso.

As duas subdivisões principais do sistema nervoso são (1) o sistema nervoso central (SNC), consistindo do encéfalo e da medula espinal, e (2) o sistema nervoso periférico (SNP), consistindo de nervos cranianos e espinais; o SNP tem componentes somático e autônomo (visceral).

P *Qual divisão do sistema nervoso é voluntária?*

nervos espinais que emergem da medula espinal. Esses nervos conduzem os impulsos nervosos para dentro e para fora do SNC.

O componente de entrada do SNP consiste de células nervosas denominadas ***neurônios sensitivos*** ou ***aferentes*** (*ad* = em direção a; *ferre* = transportar). Elas conduzem os impulsos nervosos dos receptores sensitivos em várias partes do corpo até o SNC, e terminam dentro do SNC. O componente de saída consiste de células nervosas denominadas ***neurônios motores*** ou ***eferentes*** (*ex* = para longe de; *ferre* = transportar). Elas se originam dentro do SNC e conduzem os impulsos nervosos do SNC aos músculos e às glândulas. Os neurônios denominados ***neurônios de associação (interneurônios)*** conduzem os impulsos nervosos dos neurônios sensoriais aos neurônios motores, e estão localizados no SNC. A maioria dos neurônios são neurônios de associação.

O SNP pode ser subdividido ainda em um ***sistema nervoso somático (SNS)*** (*soma* = corpo) e um ***sistema nervoso autônomo (SNA)*** (auto = próprio; *nomos* = lei). O SNS consiste de neurônios sensitivos que enviam a informação dos receptores cutâneos e de sensibilidade especial localizados predominantemente na cabeça, na parede do tronco e nos membros ao SNC, e neurônios motores do SNC que conduzem impulsos somente aos *músculos esqueléticos*. Uma vez que essas respostas motoras podem ser controladas conscientemente, essa porção do SNS é *voluntária*.

O SNA (Capítulo 11) consiste de neurônios motores do SNC que conduzem impulsos ao *músculo liso*, *músculo cardíaco* e *glândulas*. Uma vez que suas respostas motoras normalmente não estão sob controle consciente, o SNA é involuntário.

O SNA consiste de duas divisões, a ***simpática*** e a ***parassimpática***. Com poucas exceções, as vísceras recebem instruções de ambas. Usualmente, as duas divisões têm ações opostas. Por exemplo, os neurônios simpáticos aumentam a freqüência do batimento cardíaco, enquanto os neurônios parassimpáticos diminuem-na. Os processos promovidos pelos neurônios simpáticos freqüentemente envolvem o gasto de energia, enquanto aqueles promovidos pelos neurônios parassimpáticos restauram e conservam a energia corporal.

Histologia

Objetivo: *Comparar a estrutura e as funções da neuróglia e dos neurônios.*

Apesar da complexidade do sistema nervoso, ele consiste de apenas dois tipos de células: neuróglia e neurônios. A neuróglia serve para sustentar e proteger os neurônios. Os neurônios são especializados na condução de impulsos nervosos e em todas as funções especiais, como o pensamento, o controle da atividade muscular e a regulação das glândulas.

Neuróglia

A ***neuróglia*** (*neuro* = nervo; *glia* = cola) ou ***célula da glia*** serve a numerosas funções de sustentação e proteção para os neurônios. As células da neuróglia normalmente são menores que os neurônios e superam-nos em 5 a 50 vezes. Existem seis tipos de neuróglia: astrócitos, oligodendrócitos, micróglia, células ependimárias, neurolemócitos (células de Schwann) e células satélites. O Quadro 9.1 resume suas funções. A neuróglia é uma fonte comum de gliomas (tumores); estima-se que os gliomas respondam por quase metade dos tumores cerebrais. Estes tumores são altamente malignos e crescem rapidamente.

Neurônios

Os ***neurônios*** conduzem impulsos de uma parte do corpo à outra. Eles são as unidades básicas de processamento de informação do sistema nervoso. Os termos célula nervosa e neurônio significam a mesma coisa.

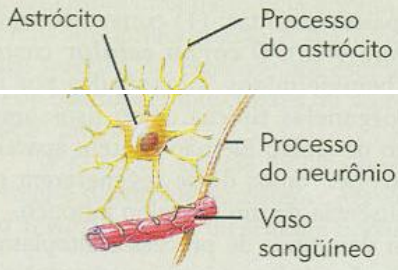
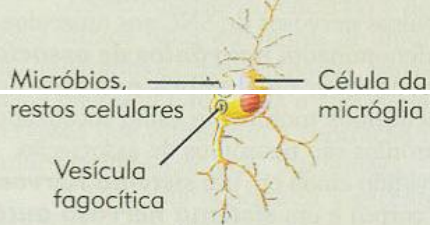
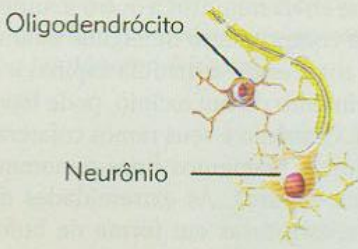
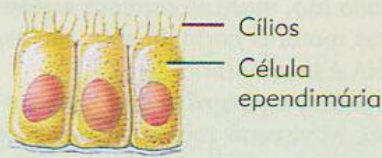
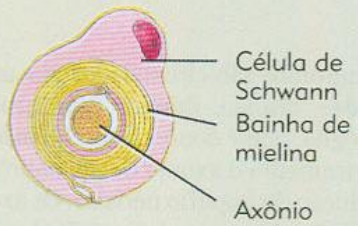
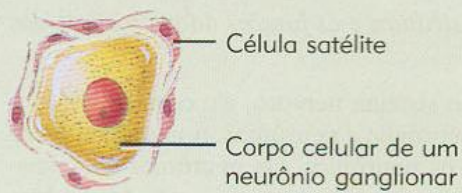
Estrutura

Os neurônios possuem três partes distintas: (1) corpo celular, (2) dendritos e (3) axônio (Figura 9.2a). O ***corpo celular*** contém um núcleo e um nucléolo bem-definidos, circundados por um citoplasma granular com organelas típicas como lisossomas, mitocôndrias e um complexo de Golgi. Ele não contém aparelho mitótico. A incapacidade dos neurônios de se regenerarem nos adultos está relacionada à ausência de um aparelho mitótico.

Os neurônios possuem dois tipos de processos citoplasmáticos: dendritos e axônios. Os ***dendritos*** (*dendro* = árvore) usualmente são extensões citoplasmáticas curtas, espessas e altamente ramificadas. Um neurônio usualmente tem vários dendritos principais. Eles funcionam para receber impulsos e conduzi-los em direção ao corpo celular.

O segundo tipo é o ***axônio*** (*axon* = eixo), uma única extensão citoplasmática longa e fina que envia impulsos a outro neurônio ou tecido. Os axônios variam em comprimento de alguns milímetros no encéfalo a um metro ou mais entre a medula espinal e os dedos do pé. Ao longo do comprimento de um axônio, pode haver ramos denominados ***colaterais***. O axônio e seus ramos colaterais terminam ramificando-se em muitos filamentos finos denominados ***terminações axonais*** (telodendro). As extremidades das terminações axonais apresentam estruturas em forma de bulbo, denominadas ***bulbos sinápticos*** ou ***botões terminais***, que contêm bolsas denominadas ***vesículas sinápticas***, que armazenam substâncias químicas denominadas neurotransmissores. Os neurotransmissores determinam se um impulso passa de um neurônio a outro ou de um neurônio a outro tecido (veja o Capítulo 8).

Formação da Mielina

Os axônios da maioria dos neurônios são circundados por um revestimento de muitas camadas, branco, lipídico (gorduroso) e proteico produzido pela neuróglia, que é denominado ***bainha de mielina***. A bainha isola eletricamente o axônio de um neurônio e aumenta a velocidade de condução do impulso nervoso. Os axônios com esse tipo de revestimento são denominados ***mielínicos***, enquanto os que não o possuem são denominados ***amielínicos***.

Dois tipos de neuróglia produzem bainhas de mielina (veja o Quadro 9.1): as células de Schwann e os oligodendrócitos. No SNP, as ***células de Schwann*** formam bainhas de mielina em torno dos axônios durante o desenvolvimento fetal. Ao formar uma bainha, uma célula de Schwann enrola-se em torno do axônio como um espiral, de tal forma que seu núcleo e seu citoplasma terminam na camada externa. A porção interna, de até 100 camadas de membrana da célula de Schwann, é a bainha de mielina.

A camada citoplasmática externa nucleada da célula de Schwann, que envolve a bainha de mielina, é denominada ***neurolema (bainha de Schwann)***. Um neurolema é encontrado somente em torno dos axônios no SNP. Quando um axônio é lesado, o neurolema auxilia na regeneração, formando um tubo de rege-

Quadro 9.1 Histologia

TIPO, ASPECTO MICROSCÓPICO E DESCRIÇÃO	FUNÇÕES	TIPO, ASPECTO MICROSCÓPICO E DESCRIÇÃO	FUNÇÕES
HISTOLOGIA DO SISTEMA NERVOSO CENTRAL			
Astrócitos (*astro* = estrela; *cyte* = célula) Astrócito; Processo do astrócito; Processo do neurônio; Vaso sangüíneo Células em forma de estrela com muitos processos.	Participam no metabolismo de neurotransmissores e mantêm o equilíbrio correto do K^+ para a geração de impulsos nervosos pelos neurônios do SNC; participam no desenvolvimento do encéfalo; auxiliam a formar a barreira hematoencefálica que regula a passagem de substâncias ao encéfalo.	**Micróglia** (*micro* = pequeno; *glia* = cola) Micróbios, restos celulares; Célula da micróglia; Vesícula fagocítica Células pequenas com poucos processos.	Células fagocíticas que englobam e destroem os micróbios e restos celulares no SNC.
Oligodendrócitos (*oligo* = poucos; *dendro* = árvore) Oligodendrócito; Neurônio Menores que os astrócitos, com menos processos; corpo celular redondo ou oval.	Produzem a bainha de mielina em torno dos axônios dos neurônios do SNC; cada oligodendrócito enrola mielina em torno de vários axônios.	**Células ependimárias** (*ependyma* = revestimento superior) Cílios; Célula ependimária Células epiteliais dispostas em uma única camada; muitas são ciliadas.	Revestem os ventrículos do encéfalo (preenchidos por líquido cerebrospinal) e o canal central da medula espinal; formam o líquido cerebrospinal e auxiliam na circulação do mesmo.
HISTOLOGIA DO SISTEMA NERVOSO PERIFÉRICO			
Neurolemócitos* ou *células de Schwann Células achatadas dispostas em torno dos axônios no SNP.	Cada célula produz parte da bainha de mielina em torno de um único axônio de um neurônio do SNP.	***Células satélites*** Células achatadas dispostas em torno dos corpos celulares de neurônios nos gânglios (coleções de corpos celulares de neurônios no SNP).	Sustentam os neurônios nos gânglios do SNP.

neração que guia e estimula um novo crescimento do axônio. A intervalos, ao longo de um axônio, a bainha de mielina apresenta espaços denominados ***nodos de Ranvier***. Veja a Figura 9.2.

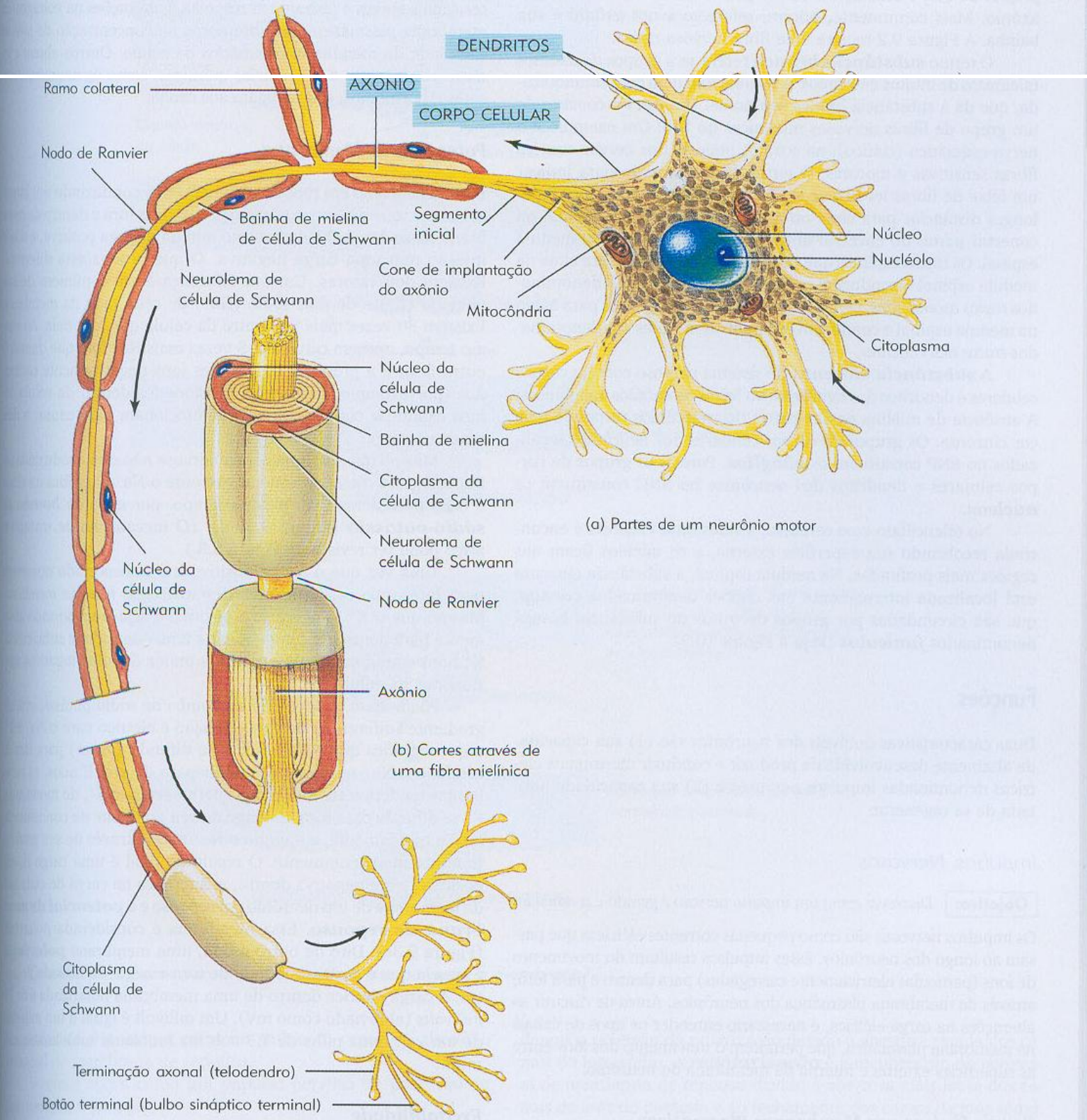
No SNC, um ***oligodendrócito*** mieliniza muitos axônios, quase da mesma forma que as células de Schwann mielinizam os axônios do SNP. Porém os oligodendrócitos meramente depositam uma bainha de mielina sem formar um neurolema. Os nodos de Ranvier estão presentes mas em menor número. Os axônios no SNC exibem pouco crescimento após a lesão. Acredita-se que isto se deva, em parte, à ausência de um neurolema.

A quantidade de mielina aumenta do nascimento até a maturidade, e sua presença aumenta grandemente a velocidade de condução do impulso nervoso. Uma vez que a mielinização ainda está em curso durante a infância, a resposta de um infante aos estímulos não é tão rápida ou coordenada como a de uma criança maior ou um adulto. Certas doenças como a esclerose múltipla (veja a p.

Figura 9.2 Estrutura de um neurônio típico. As setas indicam a direção do fluxo de informação. A interpretação indica que o axônio na verdade é maior do que é mostrado.

As partes básicas de um neurônio são (1) os dendritos, (2) o corpo celular e (3) o axônio.

(a) Partes de um neurônio motor

(b) Cortes através de uma fibra mielínica

Quais processos recebem os impulsos nervosos? Quais enviam os impulsos nervosos?

244) ou a doença de Tay-Sachs (veja a p. 244) envolvem a destruição da bainha de mielina.

Agrupamento do Tecido Nervoso

Fibra nervosa é um termo geral para qualquer processo que se projeta do corpo celular, em outras palavras, um dendrito um ou axônio. Mais comumente, porém, refere-se a um axônio e sua bainha. A Figura 9.2 mostra uma fibra nervosa típica.

O termo ***substância branca*** refere-se a grupos de axônios mielínicos de muitos neurônios. A mielina tem uma cor esbranquiçada, que dá à substância branca seu nome. Um ***nervo*** consiste de um grupo de fibras nervosas mielínicas no SNP. Um exemplo é o nervo esquiático (ciático), na coxa. A maioria dos nervos contém fibras sensitivas e motoras. O termo ***trato*** é usado para indicar um feixe de fibras localizado no SNC. Os tratos podem percorrer longas distâncias para cima ou para baixo na medula espinal ou conectar partes do encéfalo umas com as outras e com a medula espinal. Os tratos espinais que conduzem os impulsos para cima na medula espinal e conduzem os impulsos sensitivos são denominados *tratos ascendentes*. Os tratos que conduzem impulsos para baixo na medula espinal e conduzem os impulsos motores são denominados *tratos descendentes*.

A ***substância cinzenta*** do sistema nervoso contém corpos celulares e dendritos dos neurônios ou feixes de axônios amielínicos. A ausência de mielina nessas partes dos neurônios responde pela cor cinzenta. Os grupos de corpos celulares dos neurônios localizados no SNP constituem os ***gânglios***. Porém, os grupos de corpos celulares e dendritos dos neurônios no SNC constituem os ***núcleos***.

No telencéfalo e no cerebelo, a substância cinzenta é encontrada recobrindo sua superfície externa, e os núcleos ficam nas regiões mais profundas. Na medula espinal, a substância cinzenta está localizada internamente nas regiões denominadas ***cornos***, que são circundadas por grupos de tratos de substância branca denominados ***funículos*** (veja a Figura 10.3).

Funções

Duas características notáveis dos neurônios são (1) sua capacidade altamente desenvolvida de produzir e conduzir mensagens elétricas denominadas impulsos nervosos e (2) sua capacidade limitada de se regenerar.

Impulsos Nervosos

Objetivo: *Descrever como um impulso nervoso é gerado e conduzido.*

Os impulsos nervosos são como pequenas correntes elétricas que passam ao longo dos neurônios. Esses impulsos resultam do movimento de íons (partículas eletricamente carregadas) para dentro e para fora, através da membrana plasmática dos neurônios. Antes de discutir as alterações na carga elétrica, é necessário entender os tipos de canais na membrana plasmática, que permitem o movimento dos íons entre as superfícies externa e interna da membrana do neurônio.

Canais Iônicos nas Membranas Plasmáticas

A membrana plasmática contém uma variedade de ***canais iônicos***, formados por proteínas de membrana. Esses canais freqüentemente são altamente seletivos em relação aos íons que passam através deles. Embora alguns canais iônicos estejam sempre abertos, a maioria está sujeita a uma regulação, em que passam algum tempo abertos (conduzindo) e algum tempo fechados (não conduzindo). Nesses canais, a passagem de íons é controlada por moléculas de proteína que formam um portão, que pode alterar sua forma para abrir ou fechar o canal em resposta a vários sinais. Por exemplo, alguns desses canais abrem e fecham em resposta a alterações na voltagem da membrana plasmática ou a diferenças na concentração de íons de cada lado da membrana plasmática da célula. Outros abrem e fecham em resposta a substâncias químicas, como os neurotransmissores e hormônios, que se ligam aos canais.

Potenciais de Membrana

Em um neurônio em repouso (que não está conduzindo um impulso) existe uma diferença nas cargas elétricas fora e dentro da membrana plasmática. O lado externo tem uma carga positiva, e o lado interno tem uma carga negativa. O que produz esta diferença? Existem dois fatores. Um é a diferença entre o número de íons potássio (K^+) e de íons sódio (Na^+) de cada lado da membrana. Existem 30 vezes mais K^+ dentro da célula que fora dela. Ao mesmo tempo, existem cerca de 15 vezes mais Na^+ fora que dentro. O outro fator é a presença de grandes íons negativamente carregados (por exemplo, proteínas) aprisionados dentro da célula. Vamos examinar como esses fatores funcionam para causar a diferença na carga.

Mesmo quando uma célula nervosa não está conduzindo um impulso, está transportando ativamente o Na^+ para fora da célula e o K^+ para dentro, ao mesmo tempo, por meio da ***bomba de sódio-potássio*** (Figura 9.3a-d). (O mecanismo de transporte ativo pode ser revisto na Figura 3.8.)

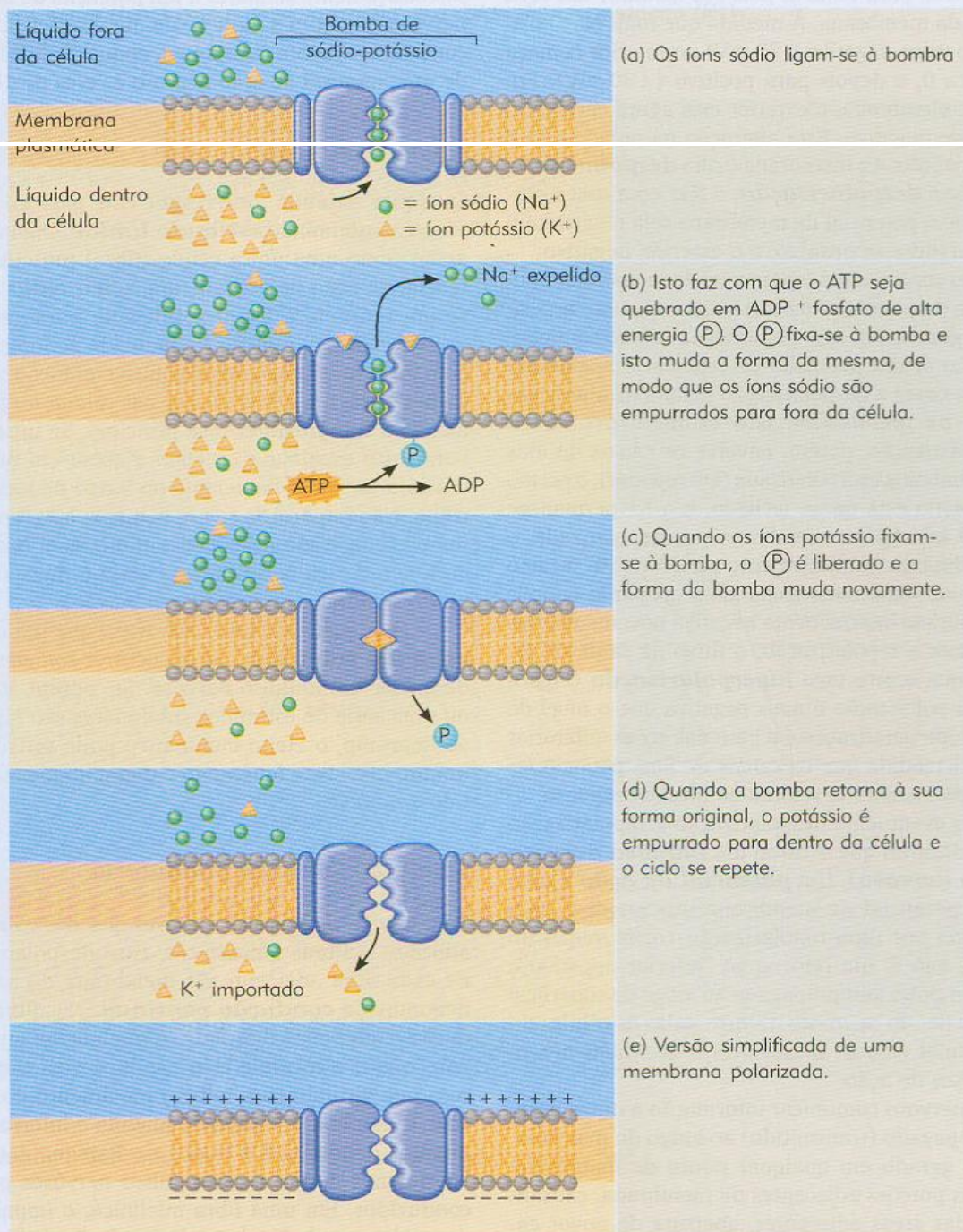
Uma vez que o Na^+ é positivo e é transportado *ativamente* para fora, uma carga positiva desenvolve-se fora da membrana. Mesmo que o K^+ também seja positivo e seja transportado ativamente para dentro da célula, não há uma quantidade suficiente de K^+ para equilibrar o número ainda maior de íons negativos aprisionados na célula.

Além disso, a operação da bomba de sódio-potássio cria um gradiente (diferença) de concentração e elétrico para o Na^+ e K^+, o que significa que o K^+ tende a se difundir (vazar) para fora da célula, e o Na^+ tende a se difundir para dentro. E mais, as membranas tendem a ser muito mais permeáveis ao K^+, de modo que o K^+ se difunde para fora ao longo de seu gradiente de concentração fácil e rapidamente, enquanto o Na^+ entra através de seu gradiente muito mais lentamente. O resultado final é uma carga líquida positiva fora e negativa dentro. A diferença na carga de cada lado da membrana de um neurônio em repouso é o ***potencial de membrana de repouso***. Essa membrana é considerada polarizada (Figura 9.3e). Dito de outro modo, uma membrana ***polarizada*** é aquela que é positiva no lado de fora e negativa no lado de dentro. A carga elétrica dentro de uma membrana polarizada é de -70 *milivolts* (abreviado como mV). Um milivolt é igual a um milésimo de um volt; uma pilha de 1,5 volt faz funcionar uma lanterna comum.

Excitabilidade

A capacidade das células nervosas de responder aos estímulos e convertê-los em impulsos nervosos é denominada ***excitabilidade***

Figura 9.2 Bomba de sódio-potássio e desenvolvimento do potencial de membrana de repouso.

Quando uma célula nervosa não está conduzindo um impulso, está transportando ativamente o Na^+ para fora da célula e o K^+ para dentro da célula ao mesmo tempo, por meio da bomba de sódio-potássio.

Que íons contribuem para a carga negativa internamente à membrana?

Um ***estímulo*** é qualquer coisa no ambiente capaz de alterar o potencial de membrana de repouso.

Veremos agora como um impulso nervoso ou potencial de ação nervoso é gerado.

Antes de examinarmos os detalhes da geração de um impulso nervoso, será útil compreender o significado de dois termos: despolarização e repolarização. A ***despolarização*** é a perda e depois a reversão da polarização devido à abertura rápida dos canais de íons sódio. A ***repolarização*** é a recuperação do potencial de membrana de repouso devido à abertura mais lenta dos canais de íons do potássio e ao fechamento dos canais de íons sódio. Juntas, a despolarização e a repolarização constituem um impulso nervoso, e levam somente cerca de 1 *milissegundo* (abreviado como mseg). Um milissegundo é igual a 1/1.000 de um segundo.

Se um estímulo de força adequada é aplicado um uma membrana polarizada (Figura 9.4a,e), a membrana torna-se menos negativa e atinge um nível crítico denominado ***limiar*** (cerca de -55 mV). Durante este período, os canais de íons sódio abrem-se para permitir que o Na^+ entre na membrana (Figura 9.4b,e). Os íons sódio também movem-se para dentro, pois são atraídos aos íons negativos no interior da membrana. À medida que mais Na^+ positivo entra na célula, o valor negativo (-70 mV) no interior começa a mudar em direção a 0, e depois para positivo (+30 mV). Em relação ao interior da membrana, o exterior está agora carregado de modo relativamente negativo. Esta alteração na polarização é denominada despolarização, e a membrana é dita ***despolarizada*** (Figura 9.4b). Durante a ***despolarização***, o Na^+ continua a correr para dentro até que o potencial de membrana seja revertido: o interior da membrana torna-se positivo, e o exterior, negativo.

A despolarização continua até o potencial de membrana atingir +30 mV. Quando a despolarização ocorrer em um ponto específico da membrana (Figura 9.4e), esse ponto torna-se imediatamente ***repolarizado***; isto é, seu potencial de repouso é restaurado (Figura 9.4d,e). Assim como a despolarização resulta de alterações na permeabilidade da membrana, isto também ocorre na repolarização. A repolarização, porém, envolve os canais de íons potássio. Quando a membrana está polarizada (em repouso), o portão do canal de íons potássio está quase fechado, e o K^+ permanece dentro dela (Figura 9.4a). Após a membrana ser despolarizada, o canal abre-se e o K^+ difunde-se rapidamente para fora. Ao mesmo tempo, os canais de íons sódio estão fechando-se. A perda de íons positivos deixa a membrana internamente negativa novamente, isto é, repolarizada. Durante a repolarização, o fluxo de saída do K^+ pode ser tão grande que ocorre uma ***hiperpolarização*** (Figura 9.4e). Neste estado, a polarização é mais negativa que o nível de repouso (-70 mV). A hiperpolarização é a base das ações inibitórias do sistema nervoso. À medida que os canais de íons potássio fecham-se, o potencial de membrana retorna ao nível de repouso.

Uma vez que os eventos de despolarização e repolarização tenham se sucedido, dizemos que ocorreu um ***impulso nervoso (potencial de ação nervoso)***. Um ***potencial de ação*** é uma alteração rápida no potencial de membrana que envolve uma despolarização seguida por uma repolarização (restauração do potencial de repouso, isto é, um retorno ao "interior negativo e exterior positivo"). O impulso autopropaga-se ao longo da superfície externa da membrana de um neurônio. Dentre todas as células do corpo, somente as células (fibras) musculares e as células nervosas produzem potenciais de ação.

Para o impulso nervoso comunicar informação à outra parte do corpo, deve ser propagado (transmitido) ao longo do neurônio. Um impulso nervoso gerado em qualquer ponto da membrana excita (despolariza) as porções adjacentes da membrana, causando a despolarização das áreas adjacentes, abertura de novos canais de íons sódio, movimento do Na^+ para dentro, e desenvolvimento de novos impulsos nervosos em pontos sucessivos ao longo da membrana (Figura 9.4b-d).

Após a despolarização, a repolarização devolve a célula a seu potencial de membrana de repouso, e o neurônio é preparado para receber outro estímulo e conduzi-lo do mesmo modo. De fato, até que a repolarização ocorra, o neurônio não pode conduzir outro impulso nervoso. O período de tempo durante o qual o neurônio não pode gerar outro potencial de ação nervoso é denominado ***período refratário***.

Normalmente, um impulso nervoso é conduzido somente em uma direção ao longo do neurônio. Um neurônio sensitivo é estimulado em seu dendrito por um receptor, uma estrutura sensíve[l] alterações no ambiente. Os neurônios de associação e neurôni[os] motores são estimulados em seus dendritos ou corpos celular[es] por outro neurônio.

O início e a condução de um ***potencial de ação muscula[r]*** são basicamente similares a um potencial de ação nervoso (impul[so] nervoso), embora a duração de um potencial de ação muscular se[ja] consideravelmente mais longa, enquanto a velocidade de conduç[ão] de um potencial de ação nervoso é cerca de 18 vezes mais rápida

Princípio do Tudo-ou-nada

Qualquer estímulo forte o suficiente para iniciar um impulso ner[-]voso é denominado ***estímulo limiar***. Uma única célula nervos[a], assim como uma única célula (fibra) muscular, transmite um po[-]tencial de ação de acordo com o ***princípio do tudo-ou-nada***: se um estímulo é forte o suficiente para gerar um potencial de ação nervoso, o impulso é conduzido ao longo de todo o neurôni[o] com força máxima, a menos que a condução seja alterada por con[-]dições como materiais tóxicos nas células ou fadiga. Uma analog[ia] auxilia a compreender esse princípio. Se uma longa trilha de pól[-]vora fosse espalhada no chão e acesa em uma extremidade, el[a] enviaria um sinal flamejante ao longo de todo o comprimento d[a] trilha. Não importaria se era pequena ou grande a faísca ou a cha[-]ma ou a explosão desencadeante; o sinal flamejante movendo-se ao longo da trilha de pólvora seria o mesmo, o máximo (ou ne[-]nhum se nunca começou a combustão).

Qualquer estímulo mais fraco que um estímulo limiar é um ***estímulo sublimiar***. Se ele ocorrer somente uma vez, é incapa[z] de iniciar um impulso nervoso. Se, porém, um segundo estímul[o] ou uma série de estímulos sublimiares são rapidamente aplicado[s] ao neurônio, o efeito cumulativo pode ser suficiente para inicia[r] um impulso. Este fenômeno é denominado somação, e será discu[-]tido em breve.

Condução Contínua e Saltatória

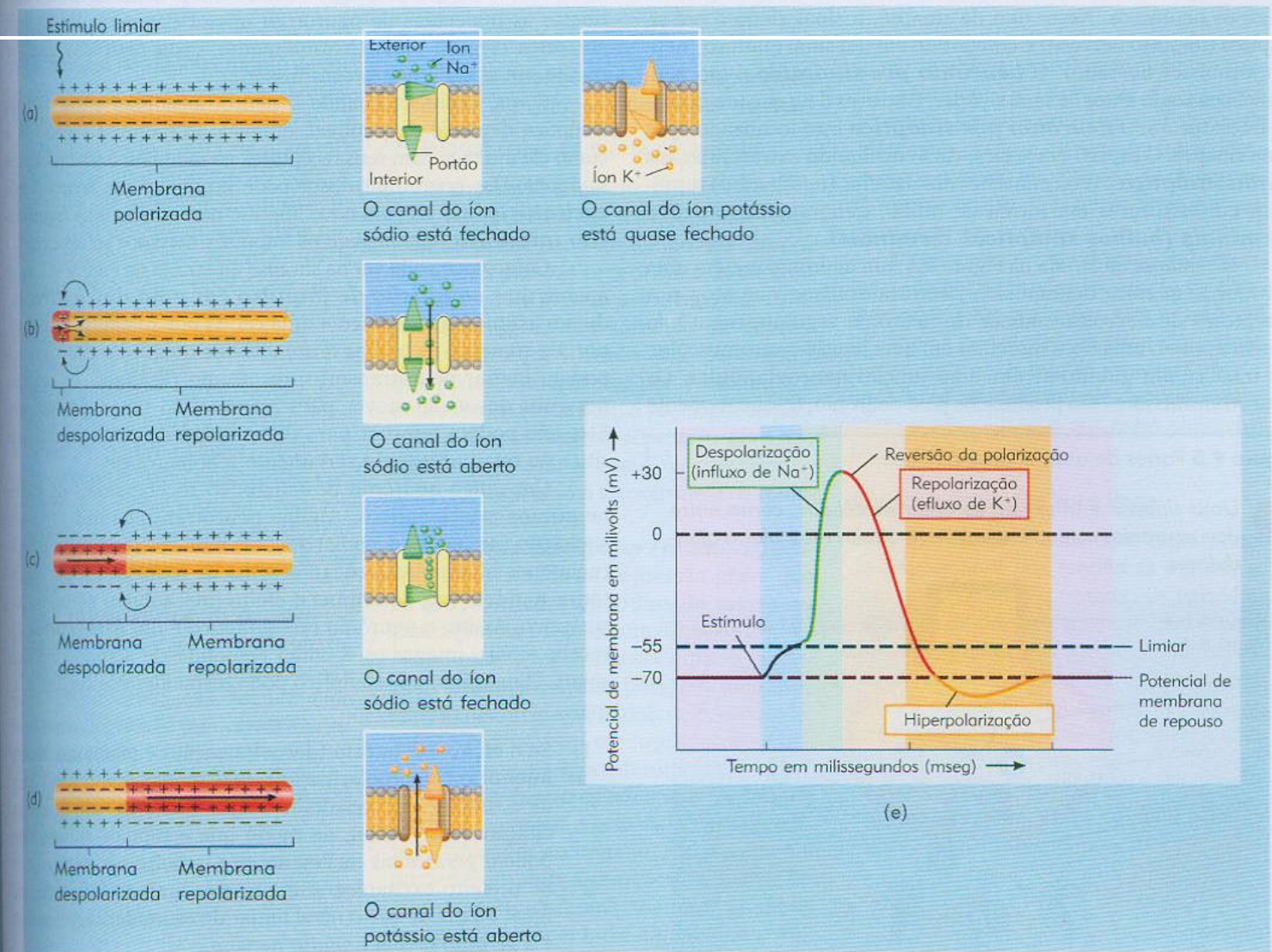
A condução de impulso nervoso que nós consideramos até agor[a] aplica-se a fibras amielínicas. Essa despolarização passo-a-pass[o] de cada área adjacente da membrana do axônio ou dendrito [é] denominada ***condução contínua***. Nas fibras mielínicas, a con[-]dução é um pouco diferente. A mielina em uma bainha de mielin[a] não conduz a corrente elétrica. Ela é uma camada isolante gordu[-]rosa que virtualmente inibe o movimento dos íons. Porém, com[o] você se lembra, a bainha de mielina é interrompida em vários in[-]tervalos denominados nodos de Ranvier. A despolarização pod[e] ocorrer nos nodos, e os impulsos nervosos podem ser gerados [e] conduzidos. Em uma fibra mielínica, o impulso nervoso salta d[e] um nodo a outro. Este tipo de condução de impulso é denominad[o] ***condução saltatória*** (*saltare* = saltar).

A condução saltatória é importante para manter a homeos[-]tase. Uma vez que um impulso salta longos intervalos quando s[e] move de um nodo ao seguinte, ele é conduzido muito mais rapida[-]mente que na despolarização passo-a-passo. Isto é especialment[e] importante quando respostas de fração de segundo são necessárias

Velocidade dos Impulsos Nervosos

Quando um neurônio recebe um estímulo limiar, a velocidade d[o] impulso nervoso é determinada pela temperatura, diâmetro da f[ibra]

Figura 9.4 Início e propagação de um impulso nervoso. (a-d) A área vermelha contendo a seta reta representa a região da membrana que está propagando o impulso nervoso. As setas curvas representam correntes locais. (e) Registro de alterações de potencial de um impulso nervoso.

A entrada de íons sódio (Na^+) causa despolarização, e a saída de íons potássio (K^+) causa a repolarização.

Em uma membrana polarizada, qual é a carga internamente à membrana?

tra e presença ou ausência de mielina. A velocidade de um impulso nervoso não depende da força do estímulo.

Quando aquecidas, as fibras nervosas conduzem impulsos a altas velocidades; quando resfriadas, a velocidade menores. Consequentemente, a dor resultante do tecido lesado pode ser reduzida pela aplicação de frio pois as fibras nervosas que conduzem a sensibilidade da dor são parcialmente bloqueadas.

As fibras com diâmetros maiores conduzem impulsos mais rapidamente que aquelas com diâmetros menores. As fibras com os maiores diâmetros são todas mielínicas e portanto capazes de condução saltatória. As fibras com diâmetros menores são amielínicas, de modo que sua condução é contínua.

Condução Através das Sinapses

Um impulso nervoso é conduzido não somente ao longo do comprimento de um neurônio, mas também de um neurônio para outro ou para uma estrutura como um músculo ou glândula. Os impulsos de um neurônio a uma célula (fibra) muscular são conduzidos através de uma ***junção neuromuscular***, que foi discutida no Capítulo 8 (veja a Figura 8.5). Entre um neurônio e uma célula glandular, o impulso atravessa uma ***junção neuroglandular***.

Os impulsos são conduzidos de um neurônio para outro ou de um neurônio para outra célula, como uma fibra muscular ou célula glandular, através de uma ***sinapse*** – uma junção entre as

células. Em uma sinapse, as células envolvidas aproximam-se uma da outra, mas não se tocam. A sinapse é essencial para a homeostase, devido à sua capacidade de transmitir certos impulsos e inibir outros. A maioria das doenças do encéfalo e muitos transtornos psiquiátricos resultam de uma ruptura da comunicação sináptica. As sinapses também são os locais de ação da maioria das drogas que afeta o encéfalo, tanto substâncias terapêuticas quanto aditivas.

A Figura 9.5 mostra as três partes de uma sinapse química entre os neurônios. Neste tipo de sinapse, o sinal elétrico pré-sináptico (impulso nervoso) é convertido em um sinal químico (neurotransmissor liberado). O ***neurônio pré-sináptico*** é um neurônio localizado antes de uma sinapse. É através dele que um impulso é conduzido. O ***neurônio pós-sináptico*** está localizado após uma sinapse. O espaço entre eles, cheio de líquido extracelular, é a ***fenda sináptica***. As terminações dos axônios (telodendro) terminam em estruturas em forma de bulbo, denominadas ***botões terminais (bulbos sinápticos terminais)***.

Na sinapse mostrada na Figura 9.5, um neurônio secreta uma substância química denominada neurotransmissor, que atua nos receptores de neurotransmissor do neurônio seguinte (neurônio pós-sináptico), uma fibra muscular em uma junção neuromuscular, ou uma célula glandular em uma junção neuroglandular. Os neurotransmissores são produzidos pelo neurônio, freqüentemente

Figura 9.5 Partes de uma sinapse química.

Uma sinapse é uma junção entre as células, como entre dois neurônios ou entre neurônios e células musculares glandulares.

Que neurônio é responsável pela condução de impulsos numa única direção?

a partir de aminoácidos, e são armazenados nos botões termina (bulbos sinápticos terminais) em pequenos sacos (bolsas) denom nados ***vesículas sinápticas***. (Os vários tipos de neurotransmi sores serão estudados no Capítulo 10.)

Como os neurotransmissores são liberados? Quando um im pulso nervoso chega ao botão terminal de um neurônio pr sináptico e ocorre a despolarização, os canais de íon cálcio no b tão abrem-se. Os íons cálcio fluem do líquido intersticial, atrae as vesículas sinápticas para a membrana plasmática e auxiliam liberar as moléculas de neurotransmissor das vesículas na fend sináptica (Figura 9.5). (Normalmente, cada neurônio libera s mente um tipo de neurotransmissor.)

O que acontece quando o neurotransmissor entra na fend sináptica depende da natureza química do neurotransmissor, e d como ele interage com seus receptores na membrana plasmática pó sináptica. Um neurotransmissor pode produzir uma ***transmissã excitatória***, que cria um novo impulso nervoso, ou uma ***transmi são inibitória***, que impede os impulsos nervosos subseqüentes.

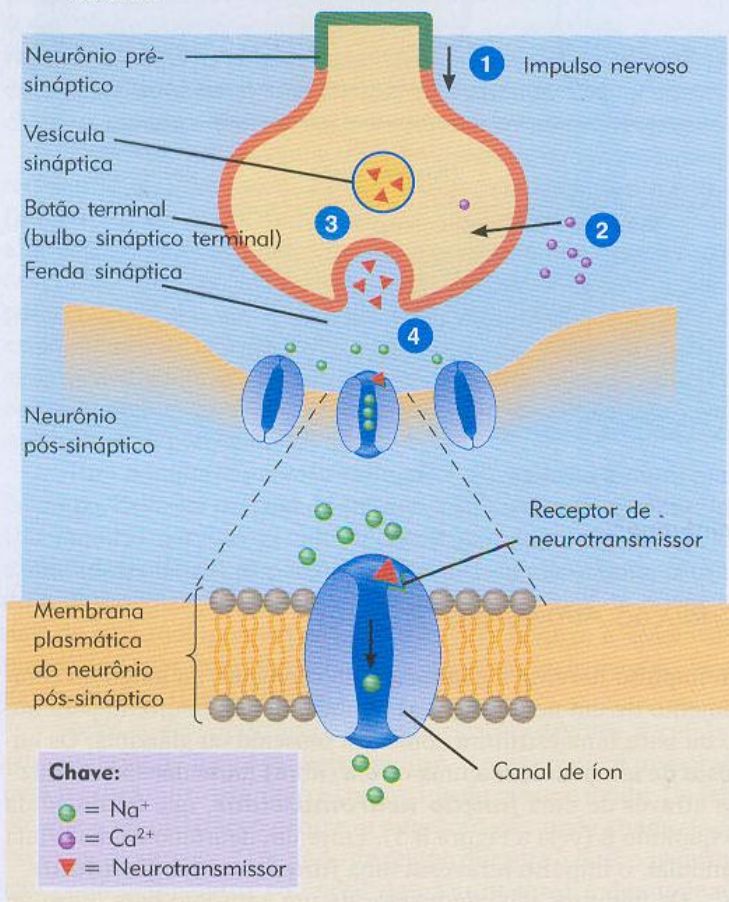
Como você pode ver na sinapse mostrada na Figura 9.5, exis apenas uma ***condução de impulso em uma única direção*** de um axônio pré-sináptico a uma célula pós-sináptica. Isto ocor porque somente os botões terminais dos neurônios pré-sináptic podem liberar neurotransmissores. Como resultado, os impuls nervosos devem-se mover para a frente, ao longo de suas vias Eles não podem retornar para outro neurônio pré-sináptico, um situação que perturbaria seriamente a homeostase.

Um único neurônio pós-sináptico recebe sinais de muit neurônios pré-sinápticos. Alguns neurotransmissores produzem excitação (pequenas despolarizações) e outros produzem inibiçã (pequenas hiperpolarizações). A soma de todos os efeitos, excit tórios e inibitórios, determina o efeito final sobre o neurônio pó sináptico. Assim, o neurônio pós-sináptico é um ***integrador***. El recebe sinais, integra-os e então responde de acordo com ess sinais. O neurônio pós-sináptico pode responder das seguintes fo mas:

1. Se o efeito excitatório (despolarização) é maior que o efei inibitório (hiperpolarização), mas menor que o nível limi de estimulação, o resultado é a ***facilitação***, isto é, uma e citação quase limiar, de modo que estímulos subseqüent podem gerar mais facilmente um impulso nervoso.
2. Se o efeito excitatório é maior que o efeito inibitório, m igual ou maior que o nível limiar de estimulação, o resultad é a *geração de um impulso nervoso*.
3. Se o efeito inibitório é maior que o efeito excitatório, a mem brana hiperpolariza-se e o resultado é a inibição do neurôn pós-sináptico e, assim, há *incapacidade de gerar um impuls nervoso*.

Regeneração do Tecido Nervoso

Diferentemente das células do tecido epitelial, os neurônios po suem somente um limitado poder de ***regeneração***, isto é, a cap cidade de se replicar ou de se reparar. Em torno dos 6 meses d idade, virtualmente todas as células nervosas perdem sua capac dade de se reproduzir. Assim, quando um neurônio é lesado d destruído, ele não pode ser substituído por outros neurônios. U neurônio destruído é perdido permanentemente, e somente a guns tipos de lesão podem ser reparados.

No sistema nervoso periférico (SNP), a lesão de alguns tip de axônios mielínicos e dendritos pode ser reparada se o cor

foco no bem-estar

Depressão: Desequilíbrio do Tecido Nervoso

É normal sentir-se triste quando você sofre uma perda, ou quando as coisas não dão certo. Nesses momentos, você pode dizer a um amigo: "Estou me sentindo deprimido". A forma mais leve de depressão, freqüentemente chamada de estado de melancolia, consiste de uma redução do humor que dura menos de 2 semanas. Esses sentimentos de depressão usualmente podem ser aliviados, ao menos temporariamente, empenhando-se em atividades que o ajudem a se sentir melhor.

Porém, quando alguém experimenta sentimentos de tristeza por um período maior que parece razoável, dadas as circunstâncias objetivas de sua vida, essa pessoa pode ser diagnosticada com um transtorno depressivo mais grave. Existem várias categorias de transtornos depressivos.

Uma **importante depressão** é marcada por um humor gravemente reduzido ou uma perda de interesse em quase todas as atividades. Alguém com importante depressão tem vários dos seguintes sintomas:

- Uma incapacidade de sentir prazer em qualquer coisa.
- Alterações no apetite e no peso, algumas vezes com ganho ou perda de peso significativos.
- Problemas com o sono, incluindo insônia ou dormir mais que o usual.
- Nervosismo e agitação.
- Letargia e cansaço o tempo todo.
- Baixa auto-estima, sentimentos de desvalia, culpa, desânimo, desamparo, desesperança.
- Perda de interesse no sexo.
- Dificuldade de se concentrar e tomar decisões.
- Retraimento dos contatos sociais.
- Uma perspectiva negativa; capacidade de ver somente as coisas ruins da vida.
- Pensamentos de morte ou suicídio.

A **distimia** é uma depressão crônica e leve, diferenciada por ser um humor reduzido na maior parte do tempo nos últimos 2 anos. As pessoas com distimia estão funcionando, mas não em um nível ótimo. Elas possuem alguns dos sintomas da depressão importante (listados anteriormente) que podem desaparecer por 1 mês ou 2 e então retornar. A distimia predispõe as pessoas a desenvolverem depressão grave ou outros problemas, como os transtornos aditivos, incluindo o alcoolismo e os transtornos alimentares.

A ***depressão bipolar (maníaca)*** consiste em períodos de depressão grave que se alternam com episódios de mania ou exaltação. As pessoas com depressão bipolar sentem-se maravilhosas durante os períodos maníacos, mas possuem uma percepção distorcida da realidade e freqüentemente comportam-se impropriamente e tomam decisões insatisfatórias.

O ***transtorno afetivo sazonal*** é uma forma de depressão associada aos dias curtos e cinzentos do inverno. Ele usualmente dura de outubro a março (nos EUA). Os sintomas tipicamente incluem letargia, compulsões alimentares e ganho de peso.

A depressão é chamada de "o resfriado comum dos transtornos mentais", pois ocorre muito freqüentemente, afetando cerca de um em cada cinco norte-americanos em algum momento de suas vidas.

O que Causa a Depressão?

A depressão parece ser causada por uma série de variáveis fisiológicas e psicológicas que interagem de um modo complexo. Embora fatores de risco para a depressão tenham sido identificados, é importante notar que a depressão pode desenvolver-se em qualquer pessoa sem nenhuma razão aparente. Os fatores de risco para a depressão incluem uma história familiar de depressão, perda e estresse intenso, doença física e abuso de substâncias. A depressão grave ocorre duas vezes mais em mulheres que em homens.

A depressão é uma doença fisiológica, marcada por alterações na função do sistema nervoso. Em particular, a depressão está associada aos desequilíbrios de neurotransmissores. Os psicólogos ainda não sabem se os sentimentos de depressão causam ou são causados por essas alterações fisiológicas.

Agarre-a enquanto Você Pode

Uma das características mais importantes da depressão é sua tendência em piorar com o tempo se não tratada. Os episódios repetidos de depressão leve podem levar à distimia, a qual, por sua vez, pode transformar-se em depressão grave. Quanto mais grave a depressão, mais o sistema nervoso está desequilibrado fisiologicamente, e mais difícil de tratar o transtorno. O tratamento da depressão em seus estágios iniciais pode interromper a tendência da depressão em piorar ao longo dos anos.

Pensamento Crítico

Os terapeutas recomendam que, quando a medicação é prescrita para a depressão, o paciente também deve receber alguma forma de psicoterapia. Se a medicação parece corrigir os sintomas de depressão, por que você acha que a terapia é recomendada?

celular permanecer intacto e se a célula que realiza a mielinização permanecer ativa. Se a célula mielinizante for uma célula de Schwann, ela auxilia na regeneração. Estas células proliferam após a lesão do axônio, e seus neurolemas formam um tubo de regeneração que ajuda na regeneração. Os axônios do sistema nervoso central (SNC) são mielinizados por oligodendrócitos, que não formam neurolemas para ajudar na regeneração e não sobrevivem após uma lesão de axônio. Uma complicação adicional no SNC é que após uma lesão de axônio, os astrócitos parecem impedir os axônios de se regenerar, formando um tipo de tecido cicatricial. Este tecido cicatricial atua como uma barreira física à regeneração. Assim, uma lesão no encéfalo ou na medula espinal tem efeitos permanentes. Uma lesão de um nervo no SNP pode ser reparada antes da formação de um tecido cicatricial. Como resultado, alguma função nervosa pode ser restaurada.

Resumo dos Estudos

Organização (p. 206)

1. O sistema nervoso auxilia a controlar e integrar todas as atividades do corpo, percebendo as alterações (sensitivo), analisando-as (integrador) e respondendo a elas (motor).
2. O sistema nervoso tem duas divisões principais: sistema nervoso central (SNC) e sistema nervoso periférico (SNP).
3. O sistema nervoso central (SNC) consiste do encéfalo e da medula espinal.
4. O sistema nervoso periférico (SNP) consiste dos nervos cranianos e espinais. Ele tem componentes sensitivos (aferentes) e motores (eferentes).
5. O SNP também está subdividido nos sistemas nervosos somático (voluntário) e autônomo (involuntário).
6. O sistema nervoso somático (SNS) consiste de neurônios que conduzem impulsos dos receptores cutâneos e de sensibilidade especial ao SNC (sensitivos), e do SNC ao tecido muscular esquelético (motores). O SNS é voluntário.
7. O sistema nervoso autônomo (SNA) é constituído por neurônios motores que conduzem impulsos do SNC ao tecido muscular liso, ao tecido muscular cardíaco e às glândulas. O SNA é involuntário.

Histologia (p. 207)

Neuróglia (p. 207)

1. A neuróglia consiste de células especializadas que sustentam os neurônios, fixam os neurônios aos vasos sangüíneos, produzem a bainha de mielina em torno dos axônios do SNC e realizam fagocitose.
2. A neuróglia inclui astrócitos, oligodendrócitos, micróglia, células ependimárias, células de Schwann e células satélites.

Neurônios (p. 207)

1. Os neurônios (células nervosas) consistem de um corpo celular, dendritos que recebem estímulos e um único axônio que envia impulsos a outro neurônio ou a um músculo ou glândula.
2. A mielina é formada pelas células de Schwann, no SNP, e oligodendrócitos, no SNC.
3. Os neurônios estão agrupados de vários modos para formar os nervos, os tratos, os gânglios, os núcleos, os cornos e os funículos.

Funções (p. 210)

Impulsos Nervosos (p. 210)

1. O impulso nervoso (potencial de ação nervoso) é a forma mais rápida do corpo de controlar e manter a homeostase.
2. As membranas plasmáticas contêm canais de íons. Um canal é uma proteína de membrana.
3. A membrana de um neurônio que não está conduzindo impulso é positiva no exterior e negativa no interior, devido aos diferentes números de K^+ e Na^+, às proteínas grandes negativamente carregadas e à operação da bomba de sódio-potássio. Essa membrana é considerada polarizada.
4. Quando um estímulo faz a superfície interna à membrana celular tornar-se positiva e a externa negativa, diz-se que a membrana apresenta um potencial de ação, que corre ao longo da mesma. O potencial de ação em deslocamento é um impulso nervoso. A capacidade de um neurônio responder a um estímulo e convertê-lo em um impulso nervoso é denominada excitabilidade.
5. A restauração do potencial de repouso da membrana é denominada repolarização. O período de tempo durante o qual a membrana se recupera e não pode iniciar outro potencial de ação é denominado período refratário.
6. De acordo com o princípio do tudo-ou-nada, se um estímulo for forte o suficiente para gerar um potencial de ação, o impulso caminha com uma força constante e máxima. Um estímulo mais forte não causará um impulso maior.
7. A condução de um impulso nervoso que ocorre como um processo passo-a-passo é denominada condução contínua.
8. A condução em que o impulso salta de um nodo de Ranvier a outro é denominada condução saltatória.
9. As fibras com diâmetro maior conduzem impulsos mais rapidamente que as com diâmetro menor; as fibras mielínicas conduzem impulsos mais rapidamente que as amielínicas.

Condução Através das Sinapses (p. 213)

1. A condução de impulso nervoso pode ocorrer de um neurônio para outro ou de um neurônio a um efetor.
2. A junção entre neurônios, neurônios e células (fibras) musculares, ou neurônios e células glandulares é denominada sinapse.
3. Em uma sinapse, existe somente a condução de impulsos nervosos em uma única direção, de um axônio pré-sináptico a um dendrito, corpo celular ou axônio pós-sináptico.
4. O neurônio pós-sináptico é um integrador. Ele recebe sinais, integra-os e responde de acordo com esses sinais. Em uma sinapse, pode haver facilitação (um estado de excitação quase limiar, de modo que os estímulos adicio-

nais podem gerar um impulso mais facilmente), geração ou inibição de impulso.

Regeneração do Tecido Nervoso (p. 214)

1. Com cerca de 6 meses de idade, o neurônio perde sua capacidade de se dividir.
2. As fibras nervosas no SNP possuem um neurolema e, assim, são capazes de se regenerar.
3. Os axônios e os dendritos no SNC não possuem um neurolema, o que significa que a lesão no encéfalo ou na medula espinal tem efeitos permanentes.

Auto-avaliação

1. Qual dos seguintes está incorretamente relacionado?
a. sistema nervoso central – encéfalo e medula espinal b. sistema nervoso somático – neurônios motores aos músculos esqueléticos c. sistema nervoso simpático – neurônios motores aos músculos esquelético, liso e cardíaco d. sistema nervoso periférico – nervos cranianos e espinais e. sistema nervoso autônomo – neurônios parassimpáticos e simpáticos
2. A divisão do sistema nervoso periférico que recebe informação de receptores especiais na cabeça e nos membros e conduz os impulsos para o músculo esquelético é o
a. sistema nervoso parassimpático b. sistema nervoso somático c. sistema nervoso simpático d. sistema nervoso autônomo e. sistema nervoso central
3. A divisão do sistema nervoso que integra e correlaciona a informação é o
a. sistema nervoso parassimpático b. sistema nervoso somático c. sistema nervoso simpático d. sistema nervoso autônomo e. sistema nervoso central
4. O tipo de célula que produz a bainha de mielina em torno dos axônios no SNC é um
a. astrócito b. célula ependimária c. célula de Schwann d. oligodendrócito e. célula satélite
5. A repolarização é causada por
a. entrada de Na^+ na célula nervosa b. saída de Na^+ da célula nervosa c. entrada de K^+ na célula nervosa d. saída de K^+ da célula nervosa e. bombeamento de K^+ para dentro da célula
6. A velocidade de condução do impulso nervoso é aumentada
a. pelo frio b. por um estímulo muito forte c. durante a condução saltatória d. por uma fibra de tamanho pequeno e. na ausência de mielina
7. A condução contínua requer a presença de
a. bainha de mielina b. nodos de Ranvier c. substância branca d. potencial de membrana e. estímulo sublimiar
8. Qual dos seguintes não é verdadeiro sobre a condução saltatória?
a. O impulso nervoso salta de um nodo para outro. b. Ela é mais eficiente em termos de energia. c. Ela transmite um potencial de ação em uma velocidade mais lenta. d. Ela ocorre somente ao longo dos axônios mielínicos. e. Ela é importante para manter a homeostase.
9. Verdadeiro/Falso
___ a. A velocidade de um impulso nervoso depende da força do estímulo.
___ b. As fibras que possuem diâmetro maior conduzem os impulsos mais rapidamente.
___ c. A transmissão excitatória causa hiperpolarização da membrana de uma célula nervosa.
___ d. Um impulso somente pode ser conduzido em uma direção através da sinapse.
10. Correlacione os seguintes:

___ a. a porção de um neurônio contendo o núcleo	A. botão terminal (bulbo sináptico terminal)
___ b. estruturas arredondadas na extremidade distal de uma terminação axonal (telodendro)	B. neurônio motor
___ c. recebe impulsos e os conduz ao corpo celular	C. neurônio sensitivo
___ d. saco (bolsa) em que o neurotransmissor é armazenado	D. dendrito
___ e. transmite impulsos para longe do corpo celular	E. vesícula sináptica
___ f. produz a bainha de mielina	F. bainha de mielina
___ g. intervalos não-mielinizados entre as bainhas de mielina	G. célula de Schwann
___ h. substância que aumenta a velocidade de condução enquanto isola um neurônio	H. corpo celular
___ i. neurônio que transmite informação ao SNC	I. axônio
___ j. neurônio que conduz informação do SNC a um efetor	J. nodo de Ranvier
___ k. feixe de muitas fibras nervosas no SNP	K. gânglio
___ l. feixe de muitas fibras nervosas no SNC	L. nervo
___ m. grupo de corpos celulares no SNP	M. neurotransmissor
___ n. substância que conduz os impulsos através da sinapse	N. trato

11. Qualquer coisa capaz de reduzir o potencial de repouso da membrana de um neurônio é conhecida como
a. bomba b. limiar c. potencial de ação d. estímulo e. íon
12. Coloque os seguintes eventos em ordem correta de ocorrência:
1. Os canais de sódio abrem-se e permitem a entrada de Na^+ no neurônio.
2. A bomba de sódio-potássio devolve os íons a seu local original.
3. Um estímulo de força limiar é aplicado ao neurônio.

4. A carga dentro da membrana muda de negativa (-55 mV) a positiva (+30 mV).
5. Os canais de potássio abrem-se e o K^+ flui para fora do neurônio.
   a. 4, 1, 2, 3, 5 b. 4, 3, 1, 2, 5 c. 3, 1, 4, 2, 5 d. 5, 3, 1, 4, 2 e. 3, 1, 4, 5, 2

Aplicação do Pensamento Crítico

1. Kayla adormece enquanto assiste à televisão. Ela desperta com "agulhadas" na perna. Explique o que aconteceu à sua perna durante o cochilo.
2. Uma analogia com a pólvora foi usada para o "princípio do tudo-ou-nada" neste capítulo. Crie sua própria analogia para ilustrar a condução contínua *versus* condução saltatória.
3. Julie estava estudando aplicadamente para sua segunda prova de anatomia. Ela estava consumindo seu segundo bule de café e segundo envelope de chiclete de nicotina (ela está tentando parar de fumar) quando suas pernas começaram a se contrair e ela não podia sequer parar sentada. O que ocorreu a Julie?
4. Um estudante de ensino médio mergulhou de cabeça em um lago escuro. Infelizmente, ele bateu a cabeça em um tronco submerso e quebrou o pescoço. Ele agora está paralisado. Você pode deduzir a localização da lesão no seu sistema nervoso? Qual a probabilidade de recuperação de sua lesão?
5. Uma cirurgiã-dentista extraiu o dente do siso de seu amigo sob anestesia local. Ela o mandou para casa com instruções para colocar uma bolsa de gelo contra sua face. Como a anestesia afeta a função do nervo? Que efeito o frio tem sobre a função do nervo?
6. Julie acabou de perceber que sua aula de Anatomia na verdade começava às 10h e não às 10h15min, que era a sua hora de chegada desde o início do período letivo. Um dos colegas ironiza que a substância cinzenta de Julie é muito fina. Julie deve agradecer-lhe?

Respostas às Perguntas das Figuras

9.1 Sistema nervoso somático.
9.2 Dendritos; axônios.
9.3 Proteínas.
9.4 Negativa.
9.5 Neurônio pré-sináptico.

objetivos do aprendizado

O Sistema Nervoso Central e Somático

uma visão geral

Neste capítulo examinaremos a estrutura e as funções do sistema nervoso central – o encéfalo e a medula espinal. Também estudaremos os nervos espinais e os nervos cranianos que fazem parte do componente somático do sistema nervoso periférico (veja a Figura 9.1).

Medula Espinal

Objetivo: *Descrever como a medula espinal é protegida.*

Proteção e Revestimentos

Canal Vertebral

A medula espinal está localizada no canal vertebral da coluna vertebral (veja a Figura 6.14). Uma vez que a parede do canal vertebral é essencialmente um anel ósseo, a medula espinal está bem protegida. Proteção adicional é fornecida pelas meninges, pelo líquido cerebrospinal (líquor) e pelos ligamentos vertebrais.

Meninges

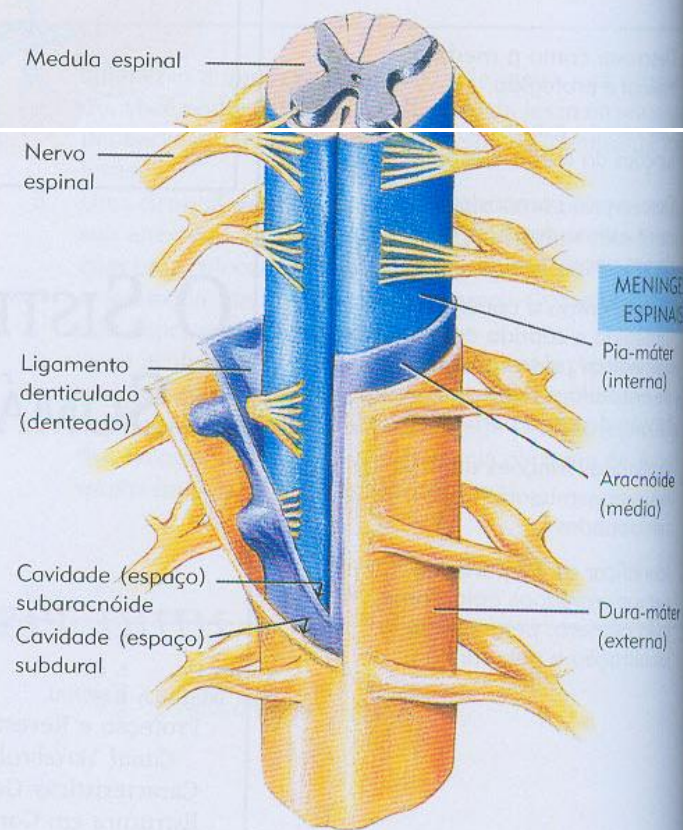
As ***meninges*** são revestimentos contínuos de tecido conjuntivo em torno da medula espinal e do encéfalo. Elas são denominadas, respectivamente, ***meninges espinais*** (Figura 10.1) e ***meninges encefálicas*** (veja a Figura 10.7). A meninge mais externa das meninges é denominada ***dura-máter*** (*dura* = dura; *mater* = mãe). Seu tecido conjuntivo resistente, denso e irregular ajuda a proteger as delicadas estruturas do SNC. A dura-máter espinal continua como dura-máter do encéfalo. O tubo de dura-máter espinal termina logo abaixo da medula espinal, no nível da segunda vértebra sacral. A medula espinal também é protegida por um coxim de gordura e tecido conjuntivo localizado no ***espaço epidural***, um espaço entre a dura-máter e o canal vertebral. A injeção de um anestésico na ***cavidade*** (espaço) ***epidural*** (bloqueio epidural) resulta em uma paralisia temporária (motora) e uma perda de sensibilidade. Estas injeções, na parte inferior da região lombar, são usadas para controlar a dor durante o parto.

A meninge média é denominada ***aracnóide*** (*arachne* = aranha) devido ao seu delicado arranjo em forma de teia de aranha, de fibras colágenas e elásticas. Ela também é contínua com a aracnóide do encéfalo.

A meninge mais interna é a ***pia-máter*** (*pia* = delicada), ou "mãe delicada", uma membrana transparente de fibras colágenas e elásticas que adere à superfície da medula espinal e do encéfalo. Ela contém numerosos vasos sangüíneos. Entre a aracnóide e a pia-máter está a ***cavidade*** (espaço) ***subaracnóide***, onde circula o líquido cerebrospinal (líquor). A inflamação das meninges é conhecida como ***meningite***.

O líquido cerebrospinal pode ser removido da cavidade (espaço) subaracnóide entre a terceira e quarta, ou quarta e quinta vértebras lombares, por uma ***punção lombar***. Uma punção lombar também pode ser realizada para introduzir antibióticos e anestésicos e para administrar quimioterapia.

Figura 10.1 Meninges espinhais.

As meninges são revestimentos de tecido conjuntivo que circundam o encéfalo e a medula espinal.

Cortes através da medula espinal

P ***Em que espaço o líquido cerebrospinal (líquor) circula?***

Características Gerais

Objetivo: *Descrever a estrutura e as funções da medula espinal.*

O comprimento da ***medula espinal*** do adulto varia de 42 a 45 cm. Ela se estende do forame magno do osso occipital à parte superior da segunda vértebra lombar (Figura 10.2). Ela não percorre todo o comprimento da coluna vertebral. Conseqüentemente, os nervos que se originam da porção mais inferior da medula espinal angulam-se para baixo no canal vertebral como mechas de cabelo. Eles são, em conjunto, apropriadamente denominados ***cauda eqüina***, que significa a cauda de cavalo.

A medula espinal não é uma estrutura reta e estreita. Ela tem dois alargamentos conspícuos. A intumescência cervical contém neurônios que suprem os membros superiores; a ***intumescência lombossacral*** contém neurônios que suprem os membros inferiores.

A medula espinal consiste de 31 ***segmentos medulares***, cada um originando um par de nervos espinais (veja a Figura 10.3).

igura 10.2 Medula espinal e nervos espinhais. Em (a), nervos selecionados são indicados o lado esquerdo da figura. A seta no destaque em (b) indica a direção pela qual a medula espinal é observada (superiormente).

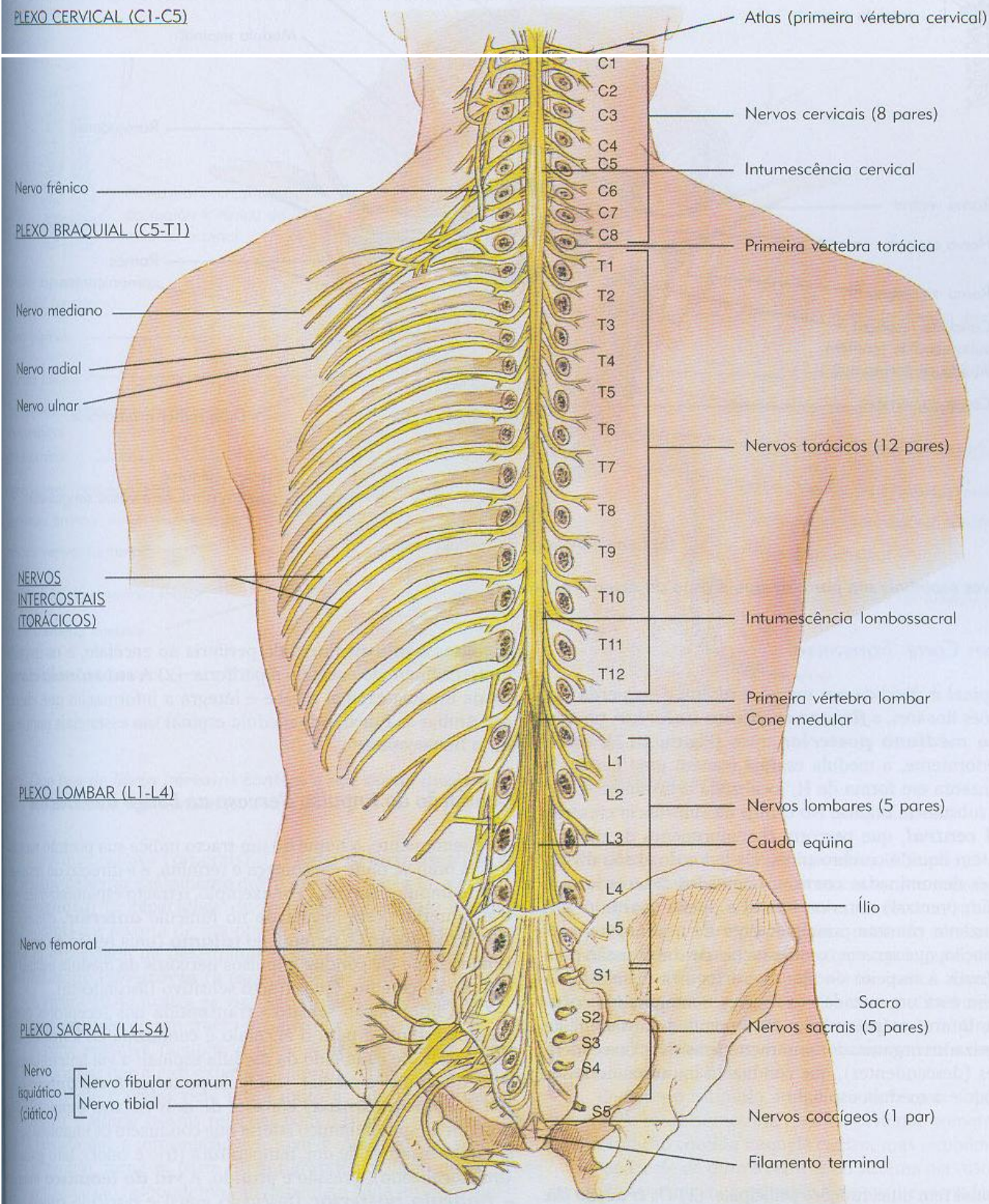
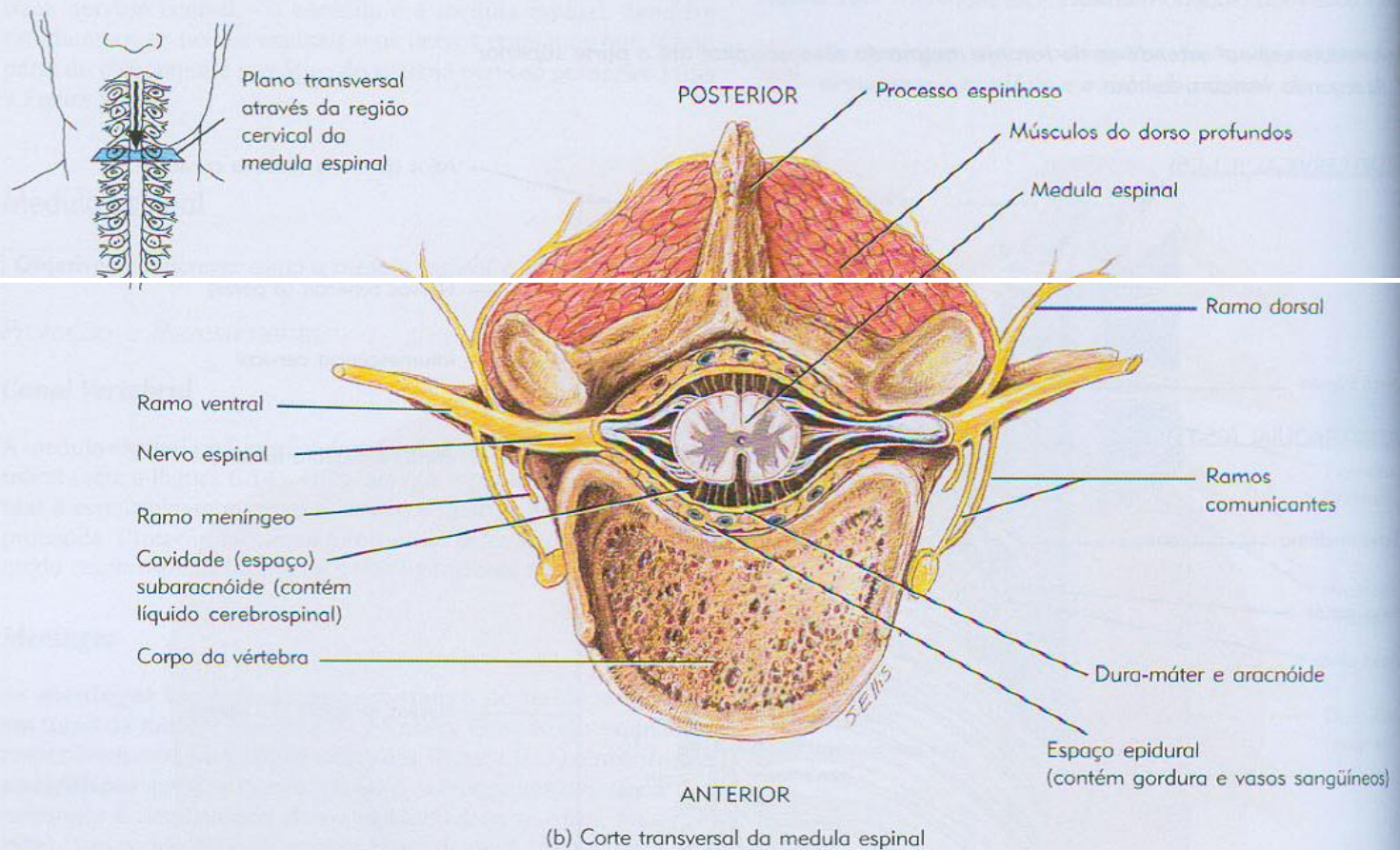
A medula espinal estende-se do forame magno do osso occipital até a parte superior da segunda vértebra lombar.

(a) Vista posterior de toda a medula espinal e porções dos nervos espinhais

Figura 10.2 (Continuação)

(b) Corte transversal da medula espinal

P *Os nervos espinhais são parte de que divisão do sistema nervoso?*

Estrutura em Corte Transversal

A medula espinal é dividida em metades direita e esquerda por duas depressões lineares, a ***fissura mediana anterior***, profunda, e o ***sulco mediano posterior***, raso (Figura 10.3). Como descrito anteriormente, a medula espinal contém uma massa de substância cinzenta em forma de H, localizada centralmente, circundada por substância branca. No centro da substância cinzenta está o ***canal central***, que percorre o comprimento da medula espinal e contém líquido cerebrospinal. Os lados do H são divididos em regiões denominadas ***cornos***, nomeados de acordo com sua localização: (ventral) anterior, lateral e dorsal (posterior). A substância cinzenta consiste principalmente de neurônios motores e de associação, que servem como estações de transmissão para os impulsos (mais a respeito do assunto, a seguir). A substância branca também está organizada em regiões denominadas ***colunas*** anterior, lateral e (posterior). Os funículos consistem de axônios mielinizados organizados em tractos sensitivos (ascendentes) e motores (descendentes), que conduzem impulsos nervosos entre o encéfalo e a medula espinal.

Funções

A medula espinal tem duas funções principais. (1) Os ***tractos da substância branca*** na medula espinal são vias expressas para a condução de impulsos nervosos. Ao longo destas vias expressas, os impulsos sensitivos fluem da periferia ao encéfalo, e os impuls[os] motores fluem do encéfalo à periferia. (2) A ***substância cinzenta*** da medula espinal recebe e integra a informação que chega [e] sai. Ambas as funções da medula espinal são essenciais para man[ter] a homeostase.

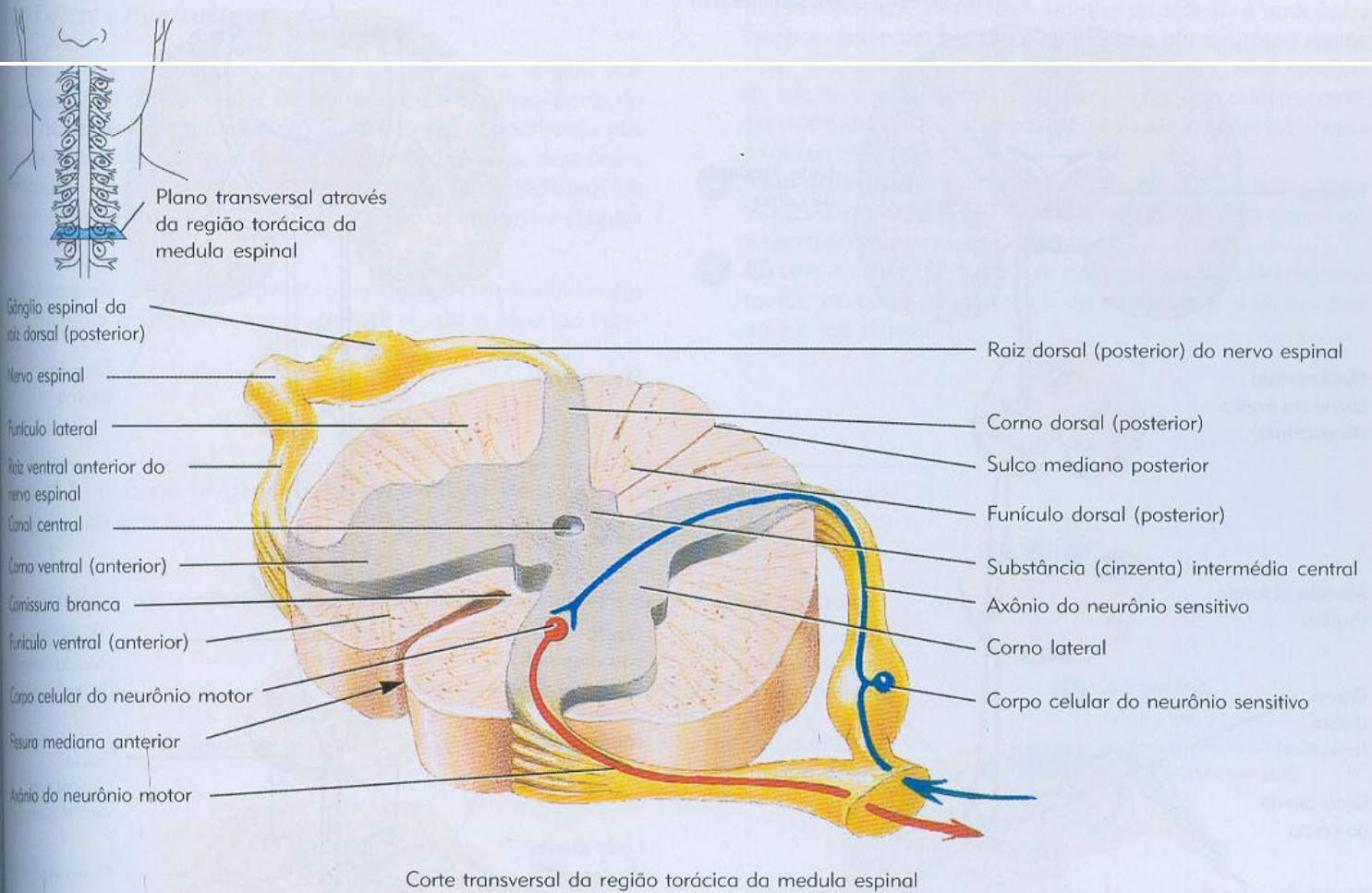
Condução do Impulso Nervoso ao Longo dos Tractos

Freqüentemente, o nome de um tracto indica sua posição na subs[tância] branca, onde ele começa e termina, e a direção da propaga[ção] do impulso nervoso. Por exemplo, o tracto espinotalâmico ven[tral] (anterior) está localizado no funículo ***anterior***, começa n[a] ***medula espinal*** e termina no ***tálamo*** (uma região do cérebro). Uma vez que ele conduz impulsos nervosos da medula espinal em direção ao cérebro, é um tracto sensitivo (ascendente).

A informação sensitiva transmitida dos receptores para [a] medula espinal e para o encéfalo é conduzida ao longo de du[as] vias gerais, de cada lado da medula espinal: a via ântero-lateral [e] a via do lemnisco medial – funículo posterior. A ***via ântero-lateral (espinotalâmica)*** consiste de dois tractos: espinotalâmico anterior e espinotalâmico lateral que conduzem os impulsos nervosos das sensações de dor, temperatura (frio e calor), tato grosseiro (mal-localizado), pressão e prurido. A ***via do lemnisco medial – funículo posterior*** (fascículo grácil e fascículo cuneiforme) conduz os impulsos nervosos das sensações de (1) ***propriocepção*** (consciência da posição dos músculos, dos tendões, das articula[ções]

Figura 10.3 Medula espinal. A organização das substâncias cinzenta e branca na medula espinal, em corte transversal. O lado direito da figura foi seccionado em um nível mais baixo que o esquerdo, para que você possa ver o que está dentro do gânglio espinal da raiz dorsal (posterior), raiz dorsal (posterior) do nervo espinal, raiz ventral (anterior) do nervo espinal e tronco do nervo espinal.

A medula espinal conduz impulsos nervosos ao longo dos tractos entre o encéfalo e a periferia, e serve como centro integrador dos reflexos espinhais.

Corte transversal da região torácica da medula espinal

Que tipo de fibras nervosas contém a raiz dorsal (posterior)? Que tipo de fibras nervosas contém a raiz ventral (anterior)?

ções e dos movimentos corporais), (2) ***tato discriminativo*** (a capacidade de sentir exatamente que parte do corpo é tocada), (3) ***estereognosia*** (a capacidade de reconhecer pelo tato o tamanho, a forma e a textura de um objeto), (4) ***discriminação do peso*** (a capacidade de determinar o peso de um objeto) e (5) ***sensibilidade vibratória*** (a capacidade de detectar vibração).

A Figura 10.4a ilustra as vias ântero-laterais (espinotalâmicas) como exemplo de um tracto sensitivo (ascendente).

A parte sensitiva mantém o sistema nervoso central ciente das modificações dos meios externo e interno. As respostas a estas informações são trazidas pela parte motora, que nos permitem movimentar e alterar nossas relações com o mundo ao nosso redor. À medida que a informação sensitiva é conduzida ao sistema nervoso central, torna-se parte de um grande conjunto de entradas sensitivas. Não respondemos ativamente a cada impulso que o sistema nervoso central recebe. Em vez disso, cada parte da informação que chega é integrada com todas as outras informações provenientes dos receptores ativados. O processo de integração ocorre não somente uma vez, mas em muitas estações intermediárias ao longo das vias do sistema nervoso central, com o auxílio dos neurônios de associação. Uma parte do cérebro denominada córtex cerebral motor assume o principal papel de controlar os movimentos musculares precisos e delicados. Outras regiões do encéfalo integram grandemente os movimentos automáticos (semivoluntários) como deambular, nadar e rir. Ainda outras partes do encéfalo auxiliam a tornar os movimentos corporais suaves e coordenados.

Quando o estímulo atinge o centro mais superior, ocorre a integração sensoriomotora. Esta envolve não somente a utilização da informação contida naquele centro, mas também a informação que chega a ele de outros centros no sistema nervoso central. Após ocorrer a integração, o estímulo do centro é enviado para a medula espinal, em duas vias descendentes motoras principais: as vias diretas (piramidal) e indireta (extrapiramidal).

Figura 10.4 Vias sensoriais e motoras.

Os tractos sensoriais (ascendentes) conduzem impulsos nervosos da periferia ao encéfalo e os tractos motores (descendentes) conduzem impulsos nervosos do encéfalo à periferia.

Área somatossensitiva primária do córtex cerebral (área somestésica)

Tálamo

Lado esquerdo do corpo

Mesencéfalo (parte do tronco do encéfalo)

Medula oblonga (bulbo)

Tracto espinotalâmico lateral

Corno dorsal (posterior)

Nervo espinal

Lado direito do corpo

Receptores para dor, frio, calor, tato grosseiro, pressão, prurido

Medula espinal

Tracto espinotalâmico ventral (anterior)

(a) Vias (ântero-laterais) espinotalâmicas

Área motora primária do córtex cerebral

Lado esquerdo do corpo

Mesencéfalo

Cápsula interna

Ponte

Tracto corticospinal lateral

Cruzamento na medula oblonga (bulbo)

Medula espinal

Tracto corticospinal ventral (anterior)

Lado direito do corpo

Nervo espinal

Aos músculos esqueléticos

Aos músculos esqueléticos

Medula espinal

(b) Vias diretas (piramidais)

P ***Onde ocorre a percepção consciente das sensações? Onde os tractos motores se originam?***

As ***vias diretas (piramidais)*** (os tractos corticoespinal lateral, corticoespinal ventral [anterior] e corticobulbar) conduzem impulsos nervosos destinados a produzir movimentos voluntários precisos dos músculos esqueléticos (Figura 10.4b). ***As vias indiretas (extrapiramidais)*** (tractos rubroespinal, tectoespinal e vestibuloespinal) conduzem impulsos nervosos que programam os movimentos automáticos, auxiliam a coordenar os movimentos corporais com os estímulos visuais, mantêm o tônus do músculo esquelético e a postura, e desempenham um papel importante no equilíbrio, regulando o tônus muscular em resposta aos movimentos da cabeça. As vias motoras conduzem impulsos da área motora primária do córtex cerebral aos músculos esqueléticos.

Centro Reflexo

A segunda função principal da medula espinal é servir como um centro integrador para os ***reflexos espinais***. Os reflexos são respostas automáticas rápidas e previsíveis a alterações no ambiente. Os nervos espinais são as vias de comunicação entre os tractos da medula espinal e a parte periférica do corpo. Cada par de nervos espinais está conectado à medula espinal por duas partes denominadas raízes (veja a Figura 10.3). A ***raiz dorsal (posterior)*** é sensitiva, contendo somente fibras nervosas sensitivas, e conduz os impulsos da periferia para a medula espinal, especificamente o corno dorsal (posterior), (sensitivo). Cada raiz dorsal também apre-

senta uma dilatação, o **gânglio espinal da raiz dorsal (sensitivo)**, que contém os corpos celulares dos neurônios sensitivos da periferia. A outra parte de união de um nervo espinal à medula espinal é a **raiz ventral (anterior) motora**. Ela contém somente axônios (fibras) dos nervos motores, e conduz impulsos da medula espinal à periferia do corpo. Os corpos celulares desses neurônios motores estão localizados na substância cinzenta da medula espinal.

Arco Reflexo e Homeostase

O caminho que um impulso nervoso segue de sua origem nos dendritos ou no corpo celular de um neurônio em uma parte do corpo até seu término em outro local do corpo é denominado **via nervosa**. Todas as vias nervosas consistem de vários neurônios conectados. Um tipo de via é conhecido como **arco reflexo**. Os componentes básicos de um arco reflexo são os seguintes (Figura 10.5):

1. ***Receptor*** (terminação nervosa sensitiva): O dendrito de um neurônio sensitivo ou uma estrutura sensitiva associada serve como um receptor. Ele responde a um estímulo específico, uma alteração no meio interno ou externo, produzindo um ou mais impulsos nervosos.
2. ***Neurônio sensitivo***: Os impulsos nervosos passam do receptor às terminações dos axônios do neurônio sensitivo, que estão localizadas na substância cinzenta da medula espinal ou do tronco do encéfalo.
3. ***Centro integrador***: Este centro compreende uma ou mais regiões de substância cinzenta dentro do SNC. O centro integrador para o tipo mais simples de reflexo é uma única sinapse, entre um neurônio sensitivo e um neurônio motor. Mais freqüentemente, porém, o centro integrador consiste de um ou mais neurônios de associação, que podem repassar o impulso para outros neurônios de associação, bem como para um neurônio motor.
4. ***Neurônio motor***: Os impulsos desencadeados pelo centro integrador saem do SNC ao longo de um neurônio motor até a parte do corpo que irá responder.
5. ***Efetor***: A parte do corpo que responde ao impulso nervoso motor, tal como um músculo ou glândula, é o efetor. Sua ação é um reflexo.

Figura 10.5 Componentes gerais de um arco reflexo. As setas mostram a direção da condução do impulso nervoso.

Os reflexos são respostas automáticas rápidas e previsíveis às alterações no meio ambiente.

Qual a parte de união de um nervo espinal na medula espinal que contém fibras nervosas motoras?

Quando discutimos a fisiologia do músculo esquelético, descrevemos o músculo esquelético como voluntário. Porém, se nós tivéssemos de pensar sobre cada ação que fazemos, poderíamos sofrer lesões graves no momento em que decidimos sobre a ação correta, e ficaríamos tão preocupados com os movimentos de nosso corpo que teríamos pouco tempo para outras considerações mais sérias. Os reflexos que resultam na contração dos músculos esqueléticos são ***reflexos somáticos***. Um exemplo é o reflexo patelar. Este reflexo é uma extensão da perna pela contração do músculo quadríceps da coxa, em resposta a um leve golpe no ligamento da patela. O reflexo auxilia-nos a permanecer eretos apesar dos efeitos da gravidade. Outro exemplo é o reflexo de ***retirada***. Este reflexo protege-nos de cortes ou queimaduras graves causando a retirada imediata (afastamento) da fonte de lesão, usualmente antes mesmo de percebermos qualquer dor. Durante um exame físico, quando um médico testa os reflexos somáticos, as respostas demonstram a saúde do sistema nervoso.

As funções dos músculos liso e cardíaco e de muitas glândulas também são reguladas por reflexos denominados ***reflexos autônomos (viscerais)***. Mais tarde, examinaremos a natureza reflexa da deglutição, da tosse, do espirro, da digestão, da micção e da defecação.

Nervos Espinais

Objetivo: *Descrever a composição, os revestimentos e os ramos de um nervo espinal.*

Nomes

Os nervos espinais, que conectam o SNC aos receptores (sensitivos) e aos efetores, (músculos e glândulas), são componentes da parte somática (SNS) do sistema nervoso periférico (SNP). Os 31 pares de nervos espinais são denominados e numerados de acordo com a região e nível da medula espinal de que eles emergem (veja a Figura 10.2). Existem 8 pares de nervos cervicais, 12 pares de torácicos, 5 pares de lombares, 5 pares de sacrais e 1 par de nervos coccígeos. O primeiro par cervical emerge entre o atlas e o osso occipital. Todos os demais nervos espinais saem do canal vertebral pelos correspondentes forames intervertebrais entre as vértebras.

Composição e Revestimentos

Todo ***nervo espinal*** tem duas partes distintas de união na medula espinal, uma raiz dorsal (posterior) e uma raiz ventral (anterior)(veja a Figura 10.3). Estas raízes se unem para formar um tronco do nervo espinal junto ao forame intervertebral. Uma vez que a raiz dorsal contém fibras sensitivas e a raiz ventral contém fibras motoras, um nervo espinal é composto de ambas; assim, é um ***nervo misto***. Cada nervo espinal consiste de feixes de fibras envolvidos em tecido conjuntivo e supridos com vasos sangüíneos, de modo muito similar à estrutura dos músculos esqueléticos mas, é claro, ainda mais longos e delgados.

Distribuição

Ramos

Após um nervo espinal sair pelo correspondente forame intervertebral, ele se divide em alguns ***ramos*** (veja a Figura 10.2b). O ***ramo dorsal*** inerva (supre) os músculos profundos e a pele do dorso. O ***ramo ventral*** inerva os músculos superficiais do dorso, todas as estruturas dos membros superior e inferior e a parte lateral e ventral do tronco. Além disso, o ***ramo meníngeo*** supre as vértebras, os ligamentos vertebrais, os vasos sangüíneos da medula espinal e as meninges. Os ***ramos comunicantes*** são componentes do sistema nervoso autônomo e serão discutidos no capítulo seguinte.

Plexos

Os ramos ventrais dos nervos espinais, exceto os nervos torácicos T2 a T11, não chegam diretamente às estruturas do corpo que eles suprem. Ao invés, eles formam redes de cada lado do corpo, unindo-se com os ramos adjacentes. Estas redes são denominadas ***plexos*** (*plexus* = trança). Os principais plexos são o cervical, o braquial, o lombar e o sacral (lombossacral) (veja a Figura 10.2). Emergindo dos plexos, há nervos com nomes que freqüentemente são descritivos das regiões que eles suprem ou o curso que eles seguem. Cada um dos nervos, por sua vez, pode ter vários ramos denominados de acordo com as estruturas específicas que eles inervam.

O ***plexo cervical*** supre a pele e os músculos da cabeça, do pescoço, da parte superior dos ombros e o diafragma. Os nervos frênicos, que enviam impulsos motores ao diafragma, originam-se do plexo cervical. A lesão à medula espinal acima da origem dos nervos frênicos pode causar insuficiência respiratória. O ***plexo braquial*** constitui o suprimento nervoso para os membros superiores e uma série de músculos do pescoço e do ombro. O nervo mediano, que se origina deste plexo, pode ser comprimido por trauma, edema e flexão repetida no punho. Esta condição é denominada ***síndrome do canal do carpo***. O ***plexo lombar*** supre a parede abdominal, os órgãos genitais externos e a parte dos membros inferiores. O ***plexo sacral*** supre a região glútea, o períneo e os membros inferiores. O nervo isquiático (ciático), o mais longo do corpo, origina-se do plexo sacral.

Nervos Intercostais (Torácicos)

Os nervos espinais T2 a T11 não formam plexos. Eles são conhecidos como ***nervos intercostais (torácicos)*** e vão diretamente às estruturas que eles suprem, como os músculos entre as costelas, os músculos abdominais e a pele do tórax e do dorso (veja a Figura 10.2).

Agora, consideraremos as partes principais do encéfalo, como ele é protegido e como está relacionado à medula espinal e aos nervos cranianos.

Encéfalo

Objetivo: *Discutir como o encéfalo é protegido e suprido com sangue, nomear as partes principais do encéfalo e explicar a função de cada parte.*

Partes Principais

O ***encéfalo*** é composto de aproximadamente 100 bilhões de neurônios e 1.000 bilhões de neuróglia. Ele é um dos maiores órgãos do corpo, pesando cerca de 1.300 g. Ele tem forma de cogumelo, e divide-se nas seguintes partes principais: tronco do encéfalo, cérebro (diencéfalo e telencéfalo) e cerebelo (Figura 10.6). O ***tronco do encéfalo***, o "cabo do cogumelo", é contínuo inferiormente com a medula espinal e consiste de bulbo (medula oblonga), ponte e mesencéfalo. Acima do tronco do encéfalo, está o ***diencéfalo*** (*dia*= entre; *enkephalos* = encéfalo), consistindo principalmente do tálamo e do hipotálamo. O ***telencéfalo*** estende-se sobre o diencéfalo. Ele tem dois lados, denominados hemisférios cerebrais, e ocupa a maior parte do crânio. Sob o cérebro e atrás do tronco do encéfalo está o ***cerebelo*** (*cerebellum* = pequeno cérebro).

Proteção e Revestimentos

O encéfalo é protegido pelo crânio e pelas meninges. As ***meninges encefálicas***, como extensões das meninges espinais, possuem os mesmos nomes: a mais externa, ***dura-máter***; a média, ***aracnóide***, e a mais interna, ***pia-máter*** (Figura 10.7).

Figura 10.6 Encéfalo. O infundíbulo e a hipófise são discutidos em conjunto com o sistema endócrino no Capítulo 13.

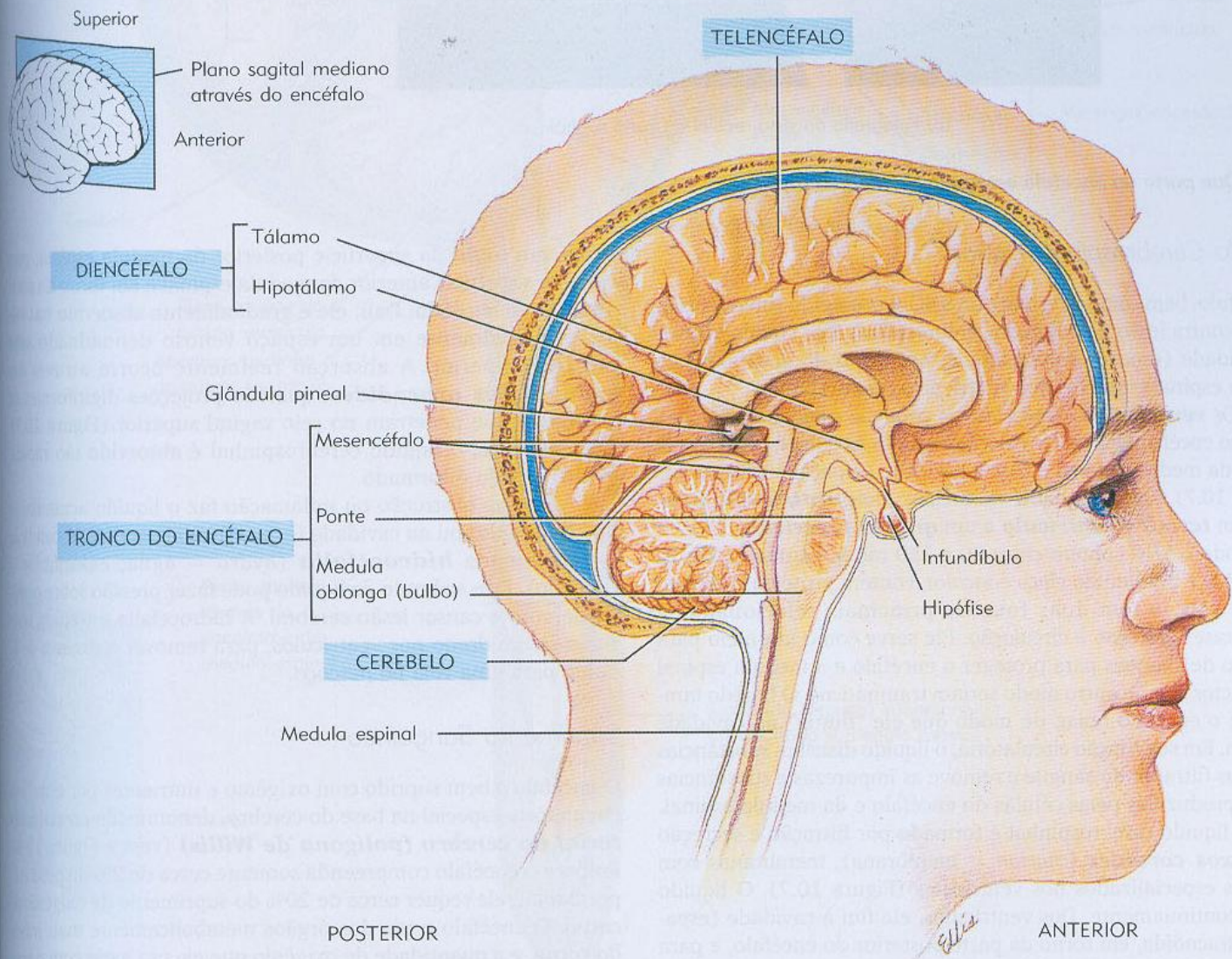
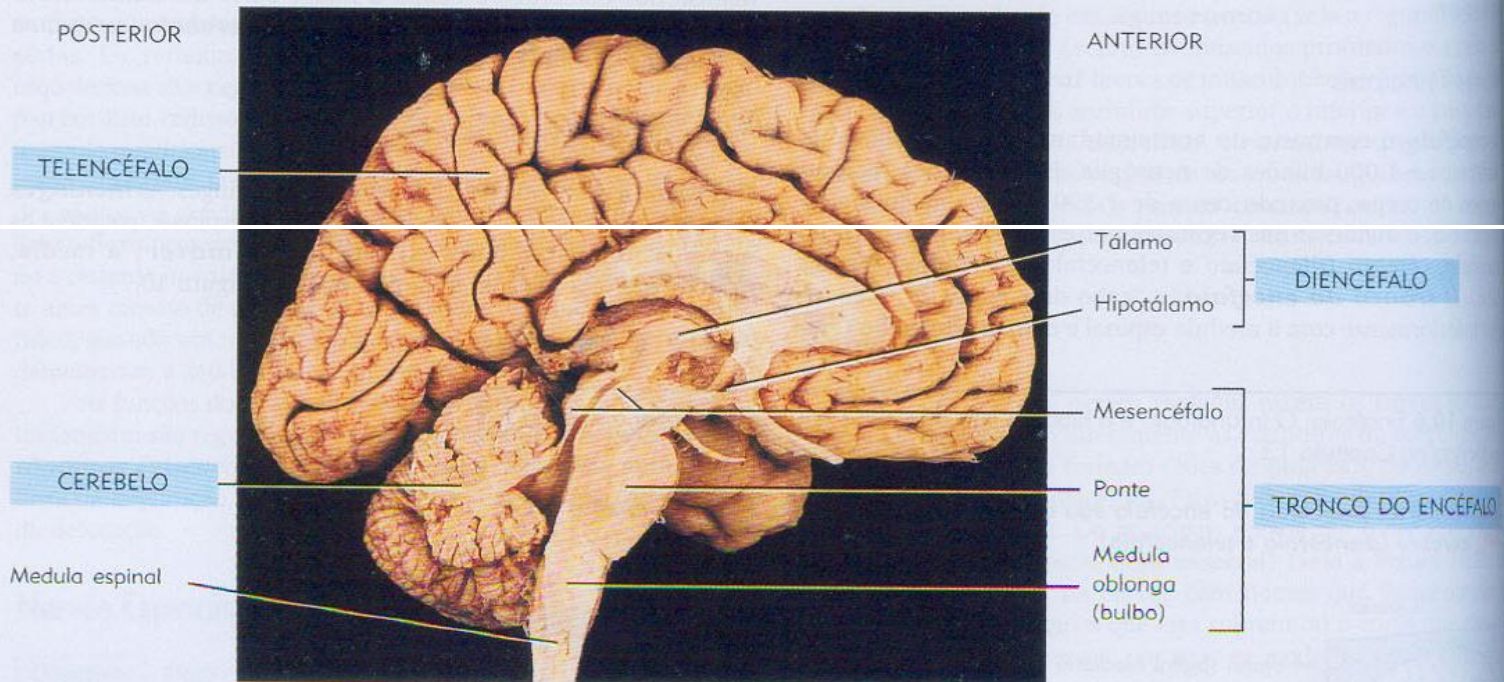
As partes principais do encéfalo são o (1) tronco do encéfalo, (2) o cerebelo e (3) o cérebro (diencéfalo e telencéfalo).

(a) Diagrama da vista medial do corte sagital

Figura 10.6 (Continuação)

(b) Fotografia da vista medial do corte sagital

P *Que parte do encéfalo está unida à medula espinal?*

Líquido Cerebrospinal (Líquor)

O encéfalo, bem como o restante do SNC, é protegido suplementarmente contra lesão pelo líquido cerebrospinal. Este circula através da cavidade (espaço) subaracnóide, em torno do encéfalo e da medula espinal e através dos ventrículos do encéfalo.

Os ***ventrículos*** (*ventriculus* = pequena cavidade) são cavidades no encéfalo que estão conectadas umas às outras, com o canal central da medula espinal e com a cavidade (espaço) subaracnóide (Figura 10.7). Existem quatro ventrículos: dois ***ventrículos laterais***, um ***terceiro ventrículo*** e um ***quarto ventrículo***.

Todo o SNC contém entre 80 e 150 ml de líquido cerebrospinhal. Ele é um líquido claro e incolor, contém proteínas, glicose, uréia e sais, e tem duas funções principais relacionadas à homeostase: proteção e circulação. Ele serve como um meio para absorção de choques para proteger o encéfalo e a medula espinal de impactos que de outro modo seriam traumáticos. O líquido também faz o encéfalo boiar, de modo que ele "flutua" na cavidade craniana. Em sua função circulatória, o líquido distribui substâncias nutritivas filtradas do sangue e remove as impurezas e substâncias tóxicas produzidas pelas células do encéfalo e da medula espinal.

O líquido cerebrospinhal é formado por filtração e secreção dos ***plexos coróides*** (*chorion* = membrana), membranas com capilares especializados nos ventrículos (Figura 10.7). O líquido circula continuamente. Dos ventrículos, ele flui à cavidade (espaço) subaracnóide, em torno da parte posterior do encéfalo, e para baixo, em torno da superfície posterior da medula espinal, para cima na superfície anterior da medula espinal e em torno da parte anterior do encéfalo. Dali, ele é gradualmente absorvido nas veias, principalmente em um espaço venoso denominado ***seio sagital*** superior. A absorção realmente ocorre através das ***granulações aracnóides***, que são projeções digitiformes da aracnóide que penetram no seio sagital superior (Figura 10.7). Normalmente, o líquido cerebrospinhal é absorvido tão rapidamente quanto é formado.

Se uma obstrução ou inflamação faz o líquido acumular-se nos ventrículos ou na cavidade (espaço) subaracnóide, a condição é denominada ***hidrocefalia*** (*hydro* = água; *enkephalos* = encéfalo). Este acúmulo de líquido pode fazer pressão sobre o tecido nervoso e causar lesão cerebral. A hidrocefalia é tratada inserindo-se um dreno nos ventrículos, para remover o excesso de líquido para uma veia no pescoço.

Suprimento Sangüíneo

O encéfalo é bem suprido com oxigênio e nutrientes por uma veia circulatória especial na base do cérebro, denominada ***círculo arterial do cerebro (polígono de Willis)*** (veja a Figura 16.9). Embora o encéfalo compreenda somente cerca de 2% do peso corporal total, ele requer cerca de 20% do suprimento de oxigênio do corpo. O encéfalo é um dos órgãos metabolicamente mais ativos do corpo, e a quantidade de oxigênio que ele usa varia com o grau de atividade mental.

Figura 10.7 Meninges e ventrículos do encéfalo. Em (a), as setas indicam a direção do fluxo do líquido cerebrospinal.

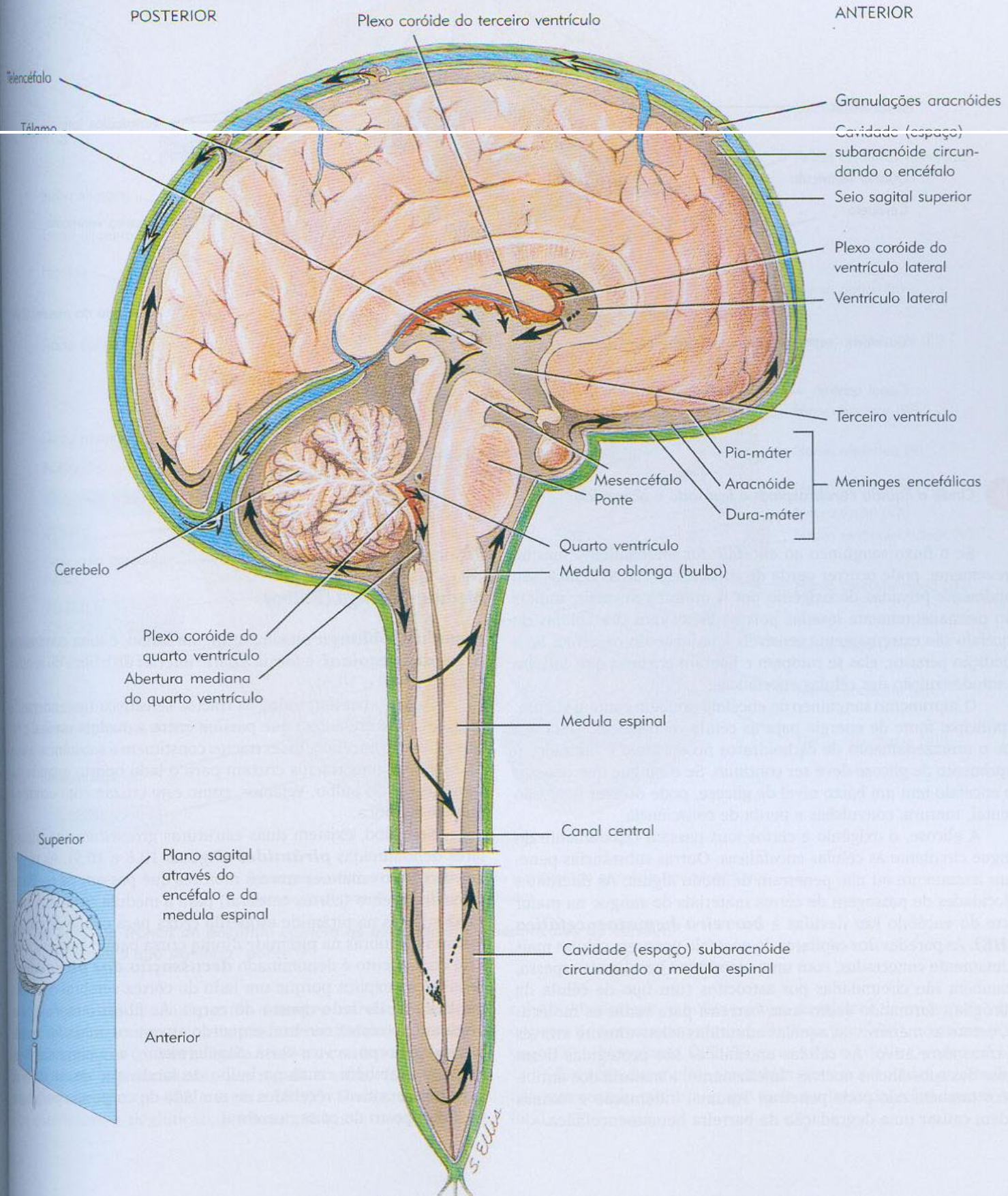
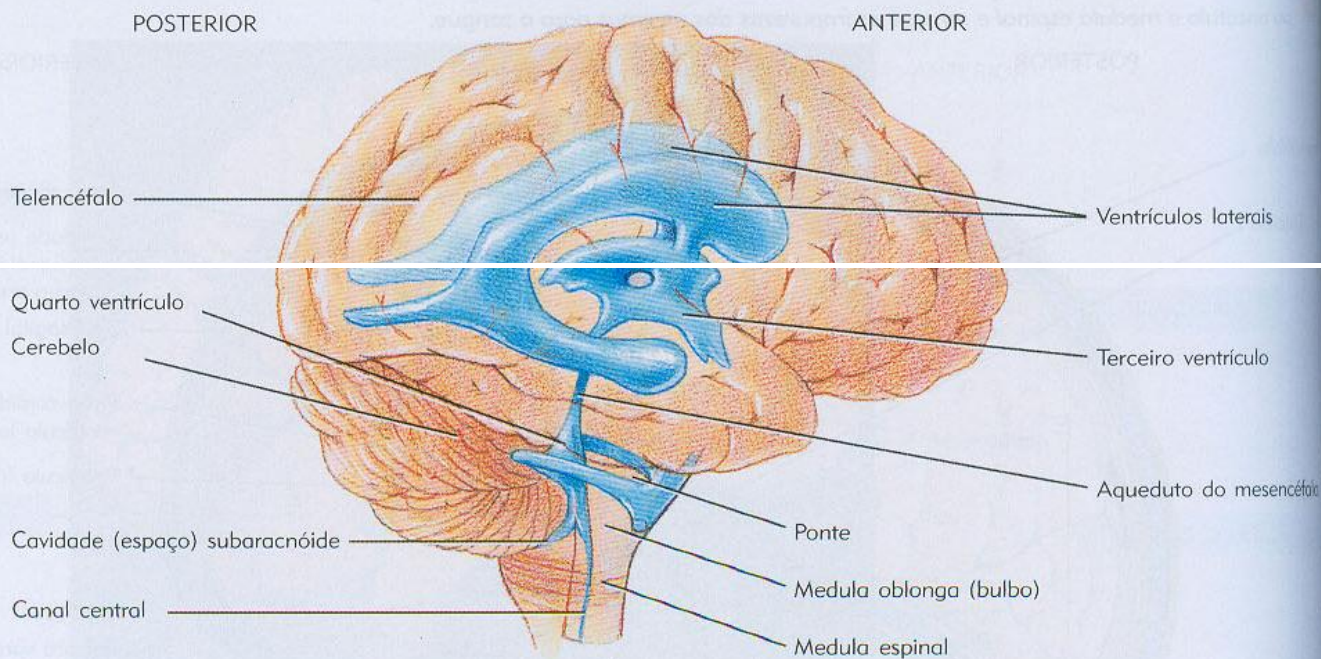
O líquido cerebrospinal protege o encéfalo e a medula espinal, envia nutrientes do sangue ao encéfalo e medula espinal e remove as impurezas dos mesmos para o sangue.

Corte sagital do encéfalo, dos ventrículos, da medula espinal e das meninges

Figura 10.7 (*Continuação*)

(b) Vista lateral do lado direito do cérebro

P *Onde o líquido cerebrospinal é formado e absorvido?*

Se o fluxo sangüíneo ao encéfalo for interrompido mesmo brevemente, pode ocorrer perda de consciência. Se as células são totalmente privadas de oxigênio por 4 minutos ou mais, muitas são permanentemente lesadas pois os lisossomos das células do encéfalo são extremamente sensíveis à redução do oxigênio. Se a condição persistir, elas se rompem e liberam enzimas que causam a autodestruição das células encefálicas.

O suprimento sangüíneo do encéfalo também contém glicose, a principal fonte de energia para as células encefálicas. Uma vez que o armazenamento de carboidratos no encéfalo é limitado, o suprimento de glicose deve ser contínuo. Se o sangue que penetra no encéfalo tem um baixo nível de glicose, pode ocorrer confusão mental, tontura, convulsões e perda de consciência.

A glicose, o oxigênio e certos íons passam rapidamente do sangue circulante às células encefálicas. Outras substâncias penetram lentamente ou não penetram de modo algum. As diferentes velocidades de passagem de certos materiais do sangue na maior parte do encéfalo são devidas à ***barreira hematoencefálica (BHE)***. As paredes dos capilares do encéfalo possuem células mais intimamente conectadas, com uma membrana basal mais espessa, e também são circundadas por astrócitos (um tipo de célula da neuróglia), formando assim uma barreira para todas as moléculas, exceto as menores ou aquelas admitidas seletivamente através de transporte ativo. As células encefálicas são protegidas desta forma das substâncias nocivas. Infelizmente, a maioria dos antibióticos também não pode penetrar. Trauma, inflamação e toxinas podem causar uma degradação da barreira hematoencefálica.

Tronco Encefálico

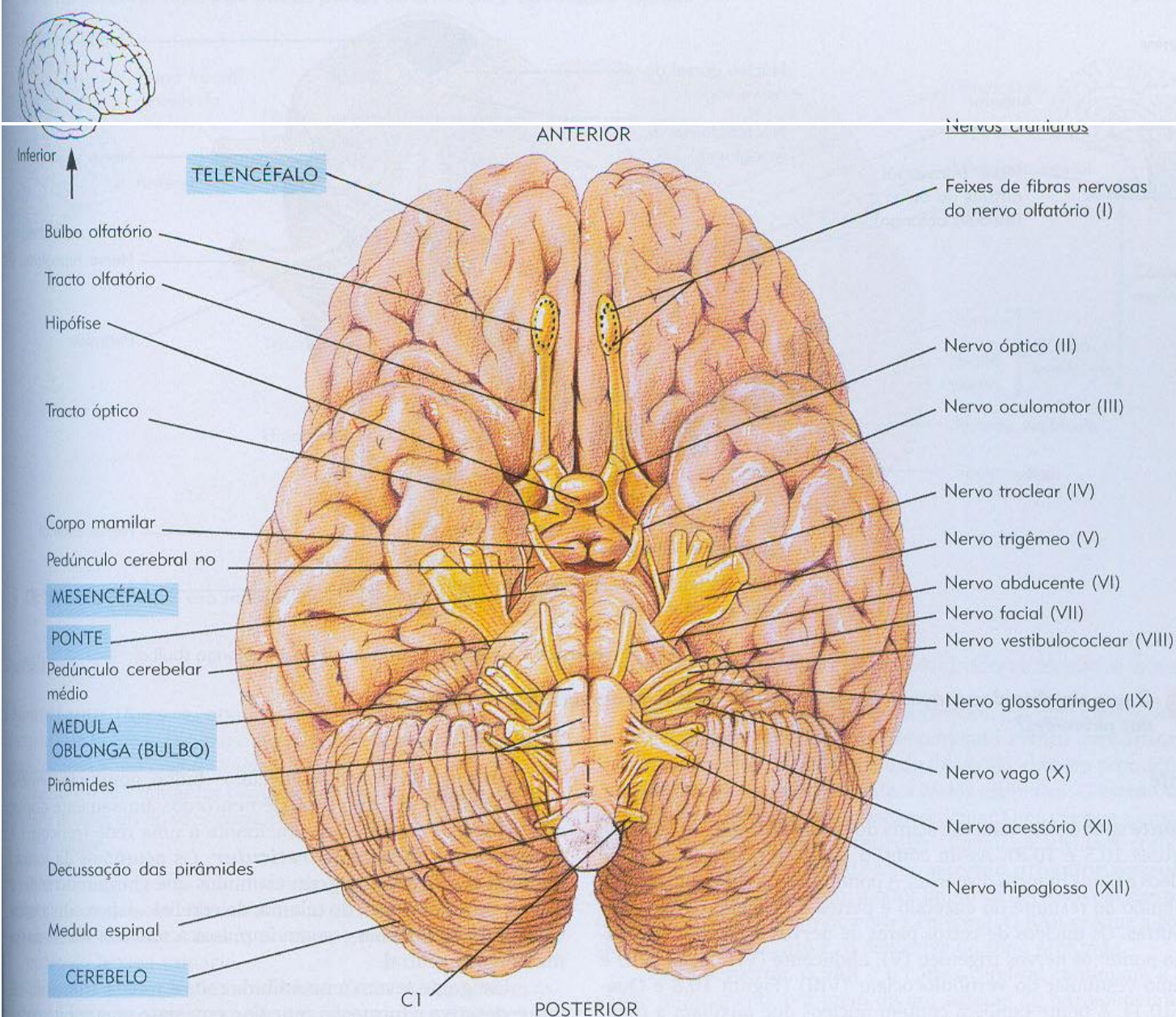
Medula Oblonga (Bulbo)

A ***medula oblonga*** ou simplesmente bulbo, é uma continuação da ***medula espinal***, e forma a parte inferior do tronco do encéfalo (Figuras 10.8 e 10.6).

O bulbo contém todos os tractos sensitivos (ascendentes) e motores (descendentes) que passam entre a medula espinal e outras partes do encéfalo. Esses tractos constituem a substância branca do bulbo. Alguns tractos cruzam para o lado oposto quando passam através do bulbo. Vejamos, como este cruzamento ocorre e o que ele significa.

No bulbo, existem duas estruturas grosseiramente triangulares denominadas ***pirâmides*** (Figuras 10.8 e 10.9). As pirâmides contêm os maiores tractos motores que passam da região externa do cérebro (córtex cerebral) para a medula espinal. A maioria das fibras na pirâmide esquerda cruza para o lado direito, e a maioria das fibras na pirâmide direita cruza para o lado esquerdo. Este cruzamento é denominado ***decussação das pirâmides***. A decussação explica porque um lado do córtex cerebral controla a motricidade do lado oposto do corpo. As fibras motoras que se originam no córtex cerebral esquerdo ativam os músculos no lado direito do corpo, e vice-versa. Similarmente, a maioria das fibras sensitivas também cruza no bulbo de modo que quase todos os impulsos sensitivos recebidos de um lado do corpo são percebidos no lado oposto do córtex cerebral.

[F]igura 10.8 Tronco do encéfalo. A seta no destaque indica a direção em que o encéfalo é [vi]sto (inferior).

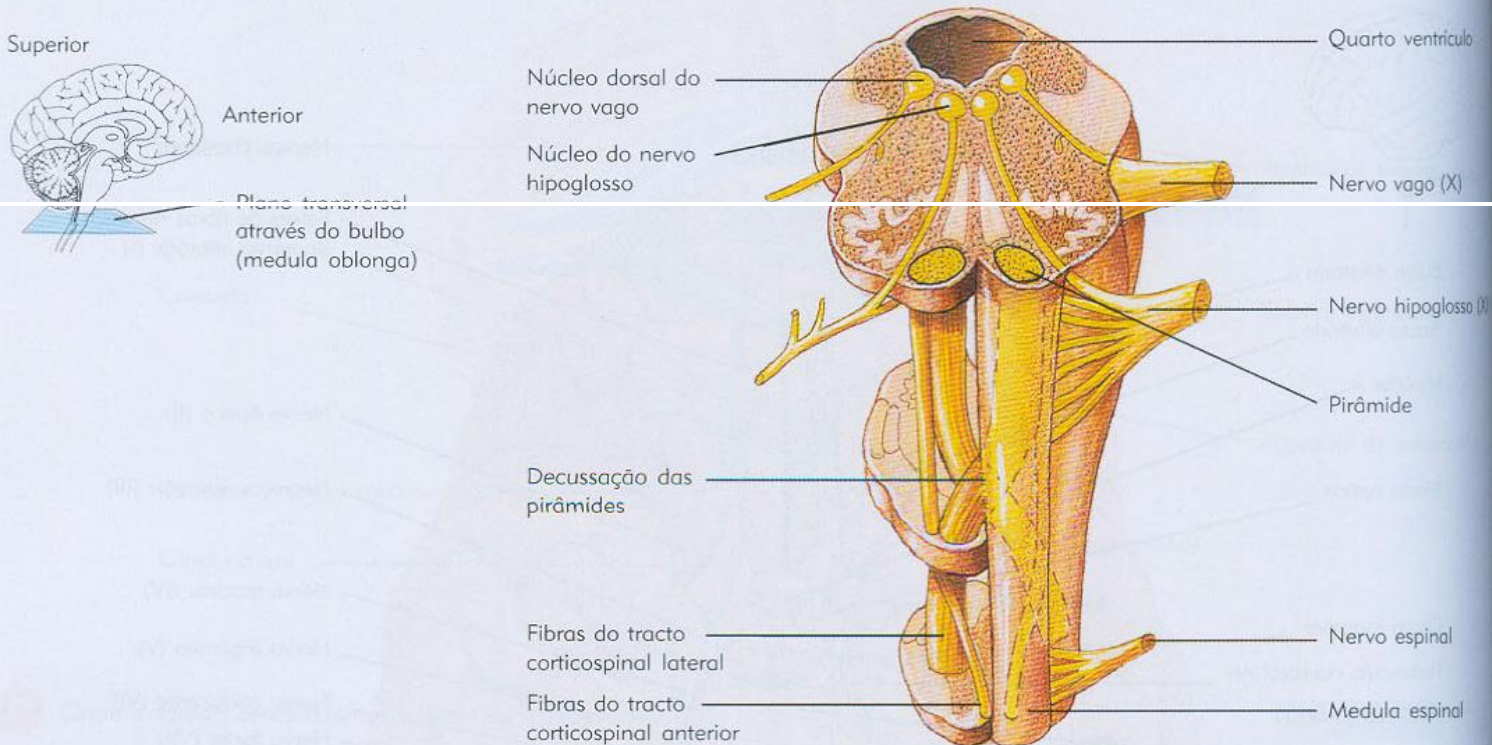
O tronco do encéfalo consiste de bulbo (medula oblonga), ponte e mesencéfalo.

Vista inferior do encéfalo, mostrando o tronco do encéfalo em relação aos nervos cranianos e estruturas associadas

Que parte do tronco do encéfalo contém as pirâmides? Os pedúnculos do cérebro? Literalmente, o que significa "ponte"?

Também dentro do bulbo estão o ***centro cardiovascular***, [q]ue regula o ritmo e a força dos batimentos cardíacos e o diâmetro [d]os vasos sangüíneos (p. 354 e Figura 15.8) e o ***centro respirató[r]io bulbar de ritmicidade***, que regula o ritmo (freqüência) [b]ásico da respiração (p. 422 e Figura 18.15). Outros centros no [b]ulbo coordenam a deglutição, o vômito, a tosse, o espirro e o soluço. Finalmente, o bulbo contém os núcleos de origem de vários pares de nervos cranianos: vestibulococlear (VIII), acessório (XI), vago (X) e hipoglosso (XII) (Figuras 10.8 e 10.9 e Quadro 10.1).

Em vista das muitas atividades vitais controladas pelo bulbo, não surpreende que um golpe forte na base do crânio possa ser fatal.

Figura 10.9 Bulbo (medula oblonga). São mostradas a anatomia interna e a decussação das pirâmides.

As pirâmides do bulbo contêm os maiores tractos motores do cérebro à medula espinal.

Corte transversal e superfície anterior da medula oblonga (bulbo)

O que significa decussação? Funcionalmente, qual é a conseqüência da decussação das pirâmides?

Ponte

A **ponte** situa-se diretamente acima do bulbo e à frente do cerebelo (Figuras 10.5 e 10.8). Assim como o bulbo, a ponte consiste de núcleos e fibras brancas dispersas. A ponte conecta a medula espinal e o bulbo ao restante do encéfalo e partes do encéfalo umas com as outras. Os núcleos de certos pares de nervos cranianos situam-se na ponte: os nervos trigêmeo (V), abducente (VI), facial (VII) e o ramo vestibular do vestibulococlear (VIII) (Figura 10.8 e Quadro 10.1). A ponte também contém núcleos que auxiliam a regular a respiração (veja o Capítulo 18). Estes constituem as ***áreas pneumotáxica*** e ***apnêustica***.

Mesencéfalo

O ***mesencéfalo*** estende-se da ponte até a porção inferior do diencéfalo (Figuras 10.6 e 10.8). Ele contém um par de ***pedúnculos do cérebro***. Os pedúnculos do cérebro contêm fibras motoras que conectam o córtex cerebral à ponte e medula espinal, e fibras sensitivas que conectam a medula espinal ao tálamo. Os pedúnculos do cérebro constituem a principal conexão para os tractos entre as partes superior e inferior do encéfalo e da medula espinal. Os núcleos dos nervos cranianos oculomotor (III) e troclear (IV) situam-se no mesencéfalo (veja a Figura 10.8 e Quadro 10.1).

Ao longo do tronco do encéfalo – bulbo, ponte e mesencéfalo – e do diencéfalo há um grupo de neurônios amplamente dispersos que fornecem um aspecto semelhante a uma rede (reticular), e referido como ***formação reticular***. Os neurônios da formação reticular recebem e integram estímulos que chegam do córtex cerebral, do hipotálamo, do tálamo, do cerebelo e da medula espinal. Os neurônios também enviam impulsos a todos os níveis do sistema nervoso central.

Um golpe severo à mandíbula roda e torce o tronco do encéfalo e desativa a formação reticular, enviando uma súbita onda de impulsos nervosos ao encéfalo, resultando em inconsciência.

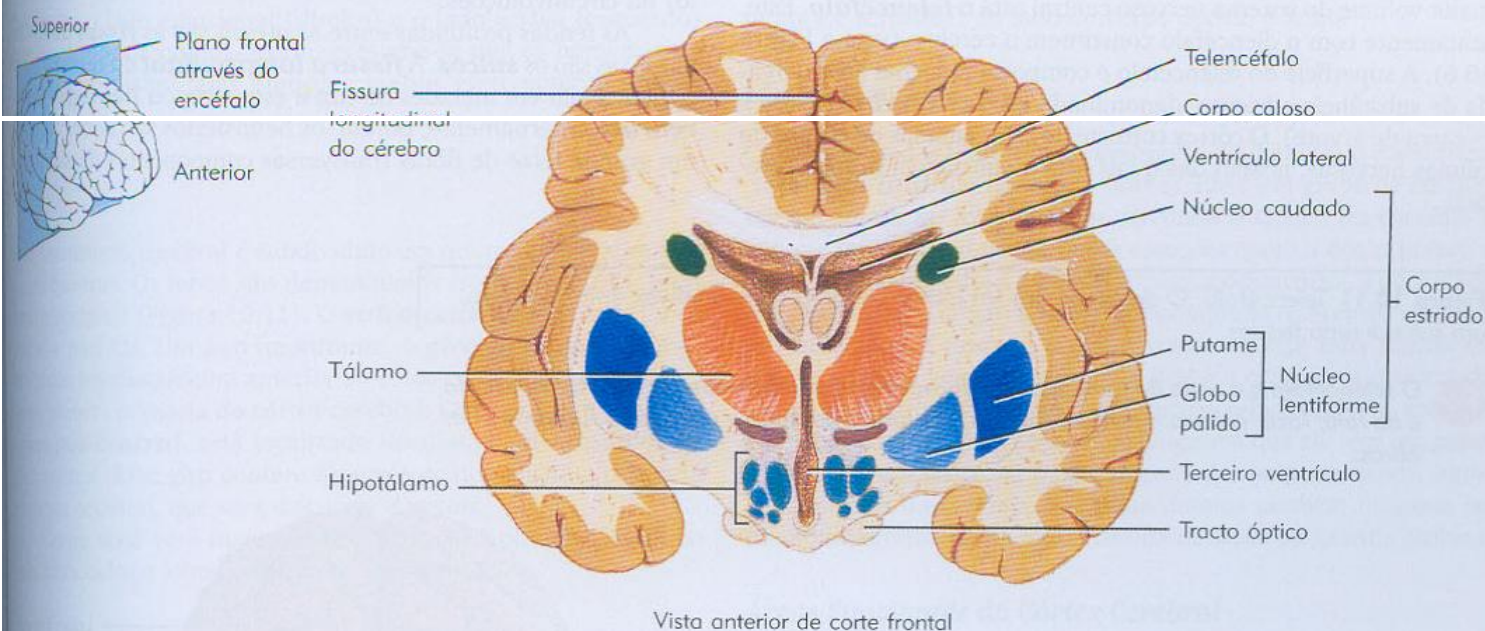
Diencéfalo

O ***diencéfalo*** (*dia* = através; *enkephalos* = encéfalo) consiste principalmente do tálamo e do hipotálamo. Veja a Figura 10.6.

Tálamo

O ***tálamo*** (*thalamos* = câmara interna) é uma estrutura oval acima do mesencéfalo que consiste principalmente de massas pareadas de substância cinzenta organizada em núcleos (Figura 10.10). Alguns núcleos no tálamo servem como estações de transmissão para os impulsos sensitivos provenientes de outras partes do SNC até o córtex cerebral.

Figura 10.10 Diencéfalo: tálamo e hipotálamo. Também são mostrados os núcleos da base (discutidos mais tarde).

O tálamo é a principal estação de transmissão para os impulsos sensitivos que atingem o córtex cerebral vindos de outras partes do encéfalo e da medula espinal.

Os núcleos da base são massas de que tipo de substância?

Hipotálamo

O **hipotálamo** (*hypo* = abaixo de) é a pequena porção do diencéfalo que se localiza abaixo do tálamo e acima da hipófise, a "glândula-mestre" do corpo (Figura 10.10).

Apesar do seu tamanho pequeno, os núcleos no hipotálamo controlam muitas atividades corporais, a maioria delas relacionadas à homeostase.

1. Controla e integra as atividades do sistema nervoso autônomo, que regula atividades como o ritmo cardíaco, o movimento do alimento através do trato gastrintestinal e a contração da bexiga urinária.
2. Controla a liberação de muitos hormônios da hipófise e, assim, serve como uma conexão primária entre o sistema nervoso e o sistema endócrino. Estes sistemas são considerados os principais sistemas de coordenação (controle) do corpo.
3. Controla a temperatura corporal normal.
4. Está associado a sentimentos de raiva, agressão, dor e prazer.
5. Regula a ingestão de alimentos por meio de dois centros. O ***centro da alimentação (da fome)*** é responsável pelas sensações de fome. Quando alimento suficiente for ingerido, o ***centro da saciedade*** (*satis* = pleno, satisfeito) é estimulado e envia impulsos nervosos que inibem o centro da alimentação.
6. Contém um ***centro da sede***, que regula a ingestão de líquidos.
7. É uma das áreas do cérebro que mantém a consciência e os padrões do sono.

Sistema Ativador Reticular (SAR), Consciência e Sono

Os seres humanos despertam e adormecem em um ritmo relativamente constante de 24 horas denominado ***ritmo circadiano***. Quando o encéfalo está desperto ou de vigília, está em prontidão e capaz de reagir conscientemente a vários estímulos. O estado vigil depende grandemente da formação reticular. Uma vez que a estimulação de parte da formação reticular aumenta a atividade cortical, essa área também é conhecida como ***sistema ativador reticular (SAR)***. Quando estimulado, muitos impulsos nervosos passam para cima, para amplas áreas do córtex cerebral. O SAR produz a consciência e a ***vigília***, isto é, o despertar do sono profundo.

Após despertar, o SAR e o córtex cerebral continuam a ativar-se mutuamente por meio de um sistema de retroalimentação consistindo de muitos circuitos. O resultado é um estado de manter-se desperto (acordado) denominado ***consciência***. O SAR é a base física da consciência. Ele se altera e seleciona continuamente, deixando passar somente o essencial, incomum ou perigoso à mente consciente. Uma vez que os seres humanos experimentam diferentes níveis de consciência (estado de alerta, atenção, relaxamento, desatenção), presume-se que o nível de consciência depende do número de circuitos de retroalimentação operando naquele momento.

A consciência pode ser alterada por cocaína e anfetaminas (que produzem um estado de alerta extremo), meditação (que causa uma consciência relaxada e focada), álcool e anestésicos (que causam vários níveis de inconsciência denominados anestesia). A lesão ou doença podem produzir uma falta de consciência denominada ***coma***.

A inativação do SAR produz o ***sono***, um estado de inconsciência parcial do qual um indivíduo pode ser despertado. Assim como

existem diferentes níveis de consciência, existem diferentes níveis de sono.

Telencéfalo

Sustentado pelo diencéfalo e tronco do encéfalo, e formando o maior volume do sistema nervoso central está o ***telencéfalo***. Este, juntamente com o diencéfalo constituem o cérebro (veja a Figura 10.6). A superfície do telencéfalo é composta por uma área delgada de substância cinzenta, denominada ***córtex cerebral*** (*cortex* = casca de árvore). O córtex consiste de seis camadas de corpos de células nervosas, abaixo das quais está a substância branca cerebral.

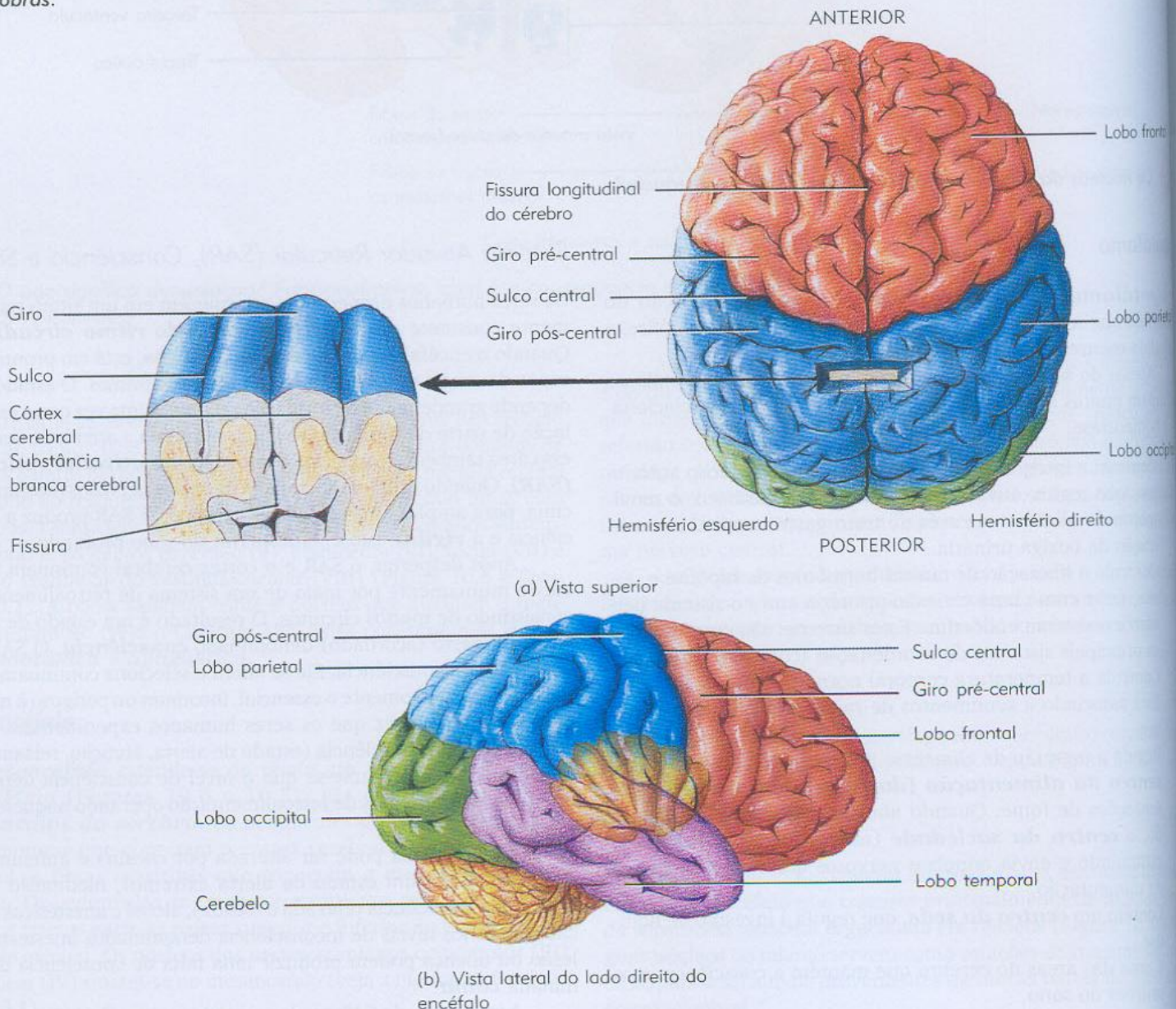
Durante o desenvolvimento embrionário, quando existe u aumento rápido no tamanho do telencéfalo, a substância cinze do córtex cerebral aumenta muito mais rápido que a substân branca subjacente. Como resultado, o córtex cerebral enrola-se dobra-se sobre si mesmo de modo que possa ficar contido na c dade craniana. As pregas são denominadas ***giros*** (*gyros* = cír lo) ou circunvoluções.

As fendas profundas entre as pregas são as ***fissuras***; as m das rasas são os ***sulcos***. A ***fissura longitudinal*** do cérebro sep o telencéfalo em metades direita e esquerda ou ***hemisférios c rebrais***. Internamente, porém, os hemisférios são conectados p um grande feixe de fibras transversas componentes da substân

Figura 10.11 Telencéfalo. O destaque em (a) indica as diferenças relativas entre um giro, um sulco e uma fissura.

O telencéfalo é a sede da inteligência e fornece-nos a habilidade da leitura, da escrita e da fala; fazer cálculo e compor música, lembrar o passado e planejar o futuro, e criar obras.

(a) Vista superior

(b) Vista lateral do lado direito do encéfalo

P ***Que estrutura une os hemisférios cerebrais?***

branca denominado ***corpo caloso*** (*callosus* = duro). Esta estrutura é maior em mulheres que em homens, o que pode ser responsável por diferenças nas respostas emocionais em mulheres e homens. Parece que o telencéfalo masculino tem capacidades emocionais em apenas um hemisfério (lado direito), enquanto o telencéfalo feminino tem capacidades emocionais em ambos os hemisférios. Devido ao menor corpo caloso, o fluxo de informação é mais lento entre o lado emocional (direito) e o lado verbal (esquerdo) do telencéfalo masculino. Assim, presume-se que os homens tipicamente expressam suas emoções menos efetivamente que as mulheres.

Lobos

Cada hemisfério cerebral é subdividido em quatro lobos pelos sulcos ou fissuras. Os lobos são denominados frontal, parietal, temporal e occipital (Figura 10.11). O ***sulco central*** separa os lobos frontal e parietal. Um giro importante, o ***giro pré-central***, está localizado imediatamente anterior ao sulco central. O giro contém a área motora primária do córtex cerebral. Outro giro importante, o ***giro pós-central***, está localizado imediatamente posterior ao sulco central. Esse giro contém a área somatossensitiva primária do córtex cerebral, que será discutida a seguir.

Como você verá mais adiante, os nervos olfatório e óptico estão associados a lobos específicos do cérebro.

Lateralização Cerebral (Conceito do Cérebro Partido)

O exame detalhado do telencéfalo revela diferenças anatômicas entre os dois hemisférios cerebrais. Por exemplo, em pessoas canhotas, os lobos parietal e occipital do hemisfério direito e o lobo frontal do hemisfério esquerdo são tipicamente mais estreitos.

Além das diferenças estruturais, também há diferenças funcionais. Na maioria das pessoas, o hemisfério esquerdo é mais importante para o controle da mão direita, a linguagem, as habilidades numéricas e científicas e o raciocínio. O hemisfério direito é mais importante para o controle da mão esquerda, a sensibilidade artística e a imaginação.

Substância Branca

A substância branca subjacente ao córtex cerebral consiste de axônios mielinizados, que transmitem impulsos entre os giros no mesmo hemisfério, dos giros de um hemisfério cerebral aos giros correspondentes no hemisfério cerebral oposto, e do telencéfalo a outras partes do encéfalo e da medula espinal.

Núcleos da Base (Núcleos Cerebrais)

Os ***núcleos da base*** são massas pares de substância cinzenta dentro da substância branca de cada hemisfério cerebral (veja a Figura 10.10).

O maior núcleo da base é o ***corpo estriado*** (*striatus* = listrado). Ele consiste do ***núcleo caudado*** e do ***núcleo lentiforme*** (*lenticula* = em forma de lente). O núcleo lentiforme, por sua vez, é subdividido no ***putame*** (*putamen* = concha) e no ***globo pálido***.

Os núcleos da base controlam grandes movimentos subconscientes (automáticos) dos músculos esqueléticos, como balançar os braços enquanto caminha (estes movimentos grosseiros também são controlados conscientemente pelo córtex cerebral), e regulam o tônus muscular requerido para movimentos corporais específicos.

A lesão dos núcleos da base resulta em tremor incontrolável ou movimentos musculares involuntários, como na doença de Parkinson. A destruição de uma porção substancial dos núcleos da base resulta em ***paralisia*** total (perda ou prejuízo das funções motora e sensitiva) do lado do corpo oposto à lesão.

Sistema Límbico

Certas partes dos hemisférios cerebrais e do diencéfalo constituem o ***sistema límbico*** (*limbus* = limite). Ele é um grupo de estruturas em forma de forquilha que circunda o tronco do encéfalo e assume uma função primária em emoções como a dor, o prazer, a raiva, a fúria, o medo, a piedade, as sensações sexuais, a docilidade e o afeto. Assim, algumas vezes é denominado o cérebro "visceral" ou "emocional". Embora o comportamento seja uma função de todo o sistema nervoso, o sistema límbico controla a maioria de seus aspectos involuntários, os aspectos relacionados à sobrevivência, e experimentos em animais sugerem que ele tem um papel importante em controlar o padrão geral de comportamento. Junto com porções do cérebro, o sistema límbico também funciona na memória; a falha na memória resulta de lesão ao sistema límbico.

Áreas Funcionais do Córtex Cerebral

As funções do cérebro são numerosas e complexas. De modo geral, o córtex cerebral é dividido em três áreas. As ***áreas sensitivas*** recebem e interpretam impulsos sensitivos, as ***áreas motoras*** controlam o movimento muscular e as ***áreas de associação*** estão relacionadas às funções integrativas como a memória, as emoções, o raciocínio, a vontade, o julgamento, os traços de personalidade e a inteligência. Essas áreas são mostradas na Figura 10.12.

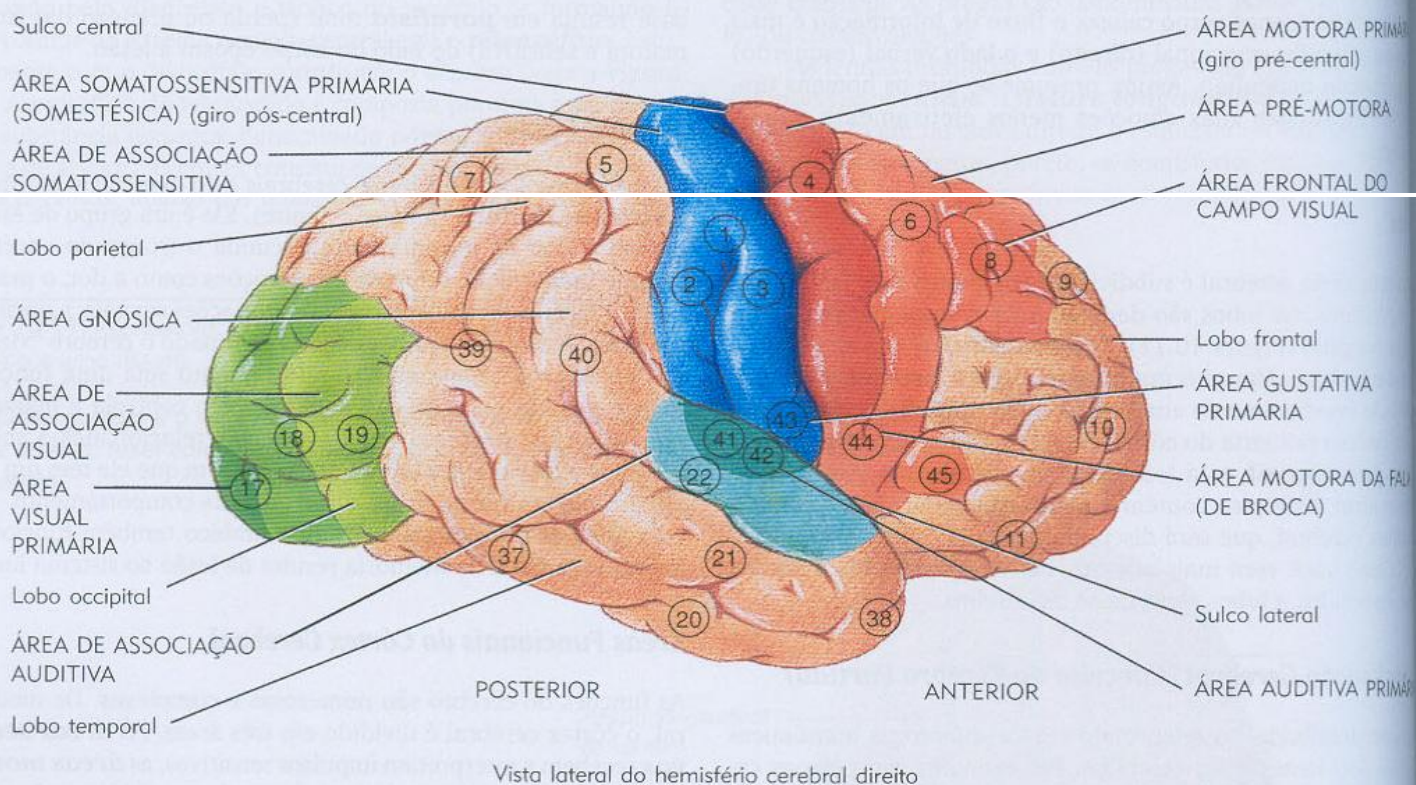
ÁREAS SENSITIVAS Os estímulos sensitivos ao córtex cerebral fluem principalmente para a metade posterior dos hemisférios cerebrais, para regiões posteriores aos sulcos centrais. No córtex cerebral, as áreas sensitivas primárias possuem as conexões mais diretas com os receptores na periferia do corpo.

1. ***Área somatossensitiva primária*** (*soma* = corpo; *sensus* = sentido) ou ***geral***. Localizada imediatamente posterior ao sulco central de cada hemisfério cerebral, no giro pós-central do lobo parietal. Na Figura 10.12, a área somatossensitiva primária é designada pelas áreas numeradas 1, 2 e 3[*]. A área somatossensitiva primária recebe sensações de receptores cutâneos e musculares de várias partes do corpo. Algumas partes do corpo são representadas por grandes regiões na área somatossensitiva primária. Elas incluem os lábios, a face e o polegar. Outras partes do corpo, como o tronco e os membros inferiores, são representadas por áreas relativamente pequenas. A quantidade de espaço dado a uma região particular do corpo é determinada pela importância funcional daquela região e sua necessidade de sensibilidade.

*Estes números, bem como a maioria dos outros mostrados, são baseados no mapa citoarquitetônico de K. Brodman do córtex cerebral. Seu mapa, publicado pela primeira vez em 1909, tenta correlacionar estrutura e função.

Figura 10.12 Áreas funcionais do telencéfalo.

Áreas particulares do córtex cerebral processam sinais sensitivos, motores e integradores (de associação).

Vista lateral do hemisfério cerebral direito

P *Em que parte do telencéfalo exatamente chegam as sensações? Onde os pensamentos se traduzem em palavras? Onde são interpretadas as sensações relacionadas ao gosto (paladar)? Onde são integradas e interpretadas as sensações? Onde são controlados músculos específicos ou grupos de músculos? Onde são interpretadas as sensações relacionadas ao olfato? Onde são controlados os movimentos voluntários dos olhos?*

A principal função da área somatossensitiva primária é localizar exatamente os pontos do corpo em que as sensações se originam.

2. ***Área visual primária*** (área 17). Localizada no lobo occipital, recebe impulsos sensitivos dos olhos e interpreta a forma, a cor e o movimento.
3. ***Área auditiva primária*** (áreas 41 e 42). Localizada no lobo temporal, interpreta as características básicas do som, como tom e ritmo.
4. ***Área gustativa primária*** (área 43). Localizada na base do giro pós-central, interpreta as sensações relacionadas ao gosto (paladar).
5. ***Área olfatória primária***. Localizada no lobo temporal, interpreta as sensações relacionadas ao olfato.

Áreas motoras Assim como a área somatossensitiva primária do córtex cerebral foi mapeada para refletir a quantidade de informação sensitiva proveniente de diferentes partes do corpo, o ***córtex motor*** foi mapeado para indicar que áreas específicas controlam grupos musculares particulares. Existe um córtex motor nos hemisférios cerebrais esquerdo e direito. O grau de representação é proporcional à precisão de movimento requerida por uma determinada parte do corpo. Por exemplo, o polegar, os dedos, os lábi a língua e as cordas vocais possuem grandes representações tronco tem uma representação relativamente pequena.

1. ***Área motora primária*** (área 4). Localizada no giro p central do lobo frontal (Figura 10.12). Assim como a á somatossensitiva primária, a área motora primária consi de regiões que controlam músculos específicos ou grupos músculos. A estimulação de um ponto específico da á motora primária resulta em uma contração muscular, usu mente no lado oposto do corpo.
2. ***Áreas motoras da fala*** (área 44). A produção da f ocorre na ***área motora da fala***, também denomina ***área de Broca***, localizada no lobo frontal (usualmente esquerdo) imediatamente superior ao sulco lateral.

A área de Broca e outras áreas da linguagem estão locali das no hemisfério cerebral esquerdo da maioria dos indi duos, independente se são destros ou canhotos. A lesão n áreas sensitivas ou motoras da fala resulta em ***afasia*** (a sem; *phasis* = fala), uma incapacidade de falar; ***agrafia*** = sem; *graph* = escrever), uma incapacidade de escrev

afasia auditiva, uma incapacidade de compreender as palavras faladas (surdez verbal); ou ***alexia***, uma incapacidade de compreender as palavras escritas (cegueira verbal).

ÁREAS DE ASSOCIAÇÃO As ***áreas de associação*** do telencéfalo consistem de tractos de associação que conectam as áreas motoras e sensitivas e partes grandes do córtex cerebral dos lobos occipital, parietal e temporal, e os lobos frontais anteriormente às áreas motoras (Figura 10.12). As áreas de associação incluem:

1. ***Área de associação somatossensitiva*** (áreas 5 e 7). Imediatamente posterior à área somatossensitiva primária; seu papel é integrar e interpretar as sensações. Essa área permite-lhe determinar a forma e a textura exata de um objeto sem olhar para ele, determinar a orientação de um objeto em relação a outro como eles são sentidos, e perceber a relação de uma parte do corpo com outra.
2. ***Área de associação visual*** (áreas 18 e 19). Localizada no lobo occipital, relaciona experiências visuais presentes e passadas com o reconhecimento e avaliação do que é visto.
3. ***Área de associação auditiva*** (área 22). Localizada abaixo da área auditiva primária, no córtex temporal, determina se um som é fala, música ou ruído. Ela também traduz as palavras em pensamentos.
4. ***Área gnósica*** (*gnosis* = conhecimento) (áreas 5, 7, 39 e 40). Esta área está localizada entre as áreas somatossensitiva, visual e de associação auditiva. Ela integra as interpretações sensitivas das áreas de associação e impulsos de outras áreas, de modo que um pensamento comum possa ser formado de várias informações sensitivas.
5. Área pré-motora (área 6). Imediatamente em frente à área motora primária, a área pré-motora lida com as atividades motoras aprendidas de natureza complexa e seqüencial. Ela gera impulsos nervosos que produzem a contração de um grupo específico de músculos em uma seqüência específica, por exemplo, para escrever uma palavra.
6. ***Área frontal do campo visual*** (área 8). Esta área no córtex frontal controla os movimentos voluntários de varredura dos olhos, por exemplo, procurando uma palavra em um dicionário.
7. ***Áreas da linguagem***. Da área de Broca, os impulsos nervosos passam às regiões pré-motoras que controlam os músculos da laringe, da faringe e da boca. Os impulsos da área pré-motora aos músculos resultam em contrações específicas e coordenadas que lhe permitem falar. Simultaneamente, os impulsos são enviados da área motora da fala à área motora primária. Daqui, os impulsos atingem seus músculos da respiração para regular o fluxo apropriado de ar entre as pregas vocais. As contrações coordenadas dos seus músculos da fala e da respiração permitem-lhe verbalizar seus pensamentos.

Memória

Nesse ponto, examinaremos mais detalhadamente a memória. Embora a memória tenha sido estudada por cientistas durante décadas, ainda não há explicação satisfatória de como nos lembramos. A ***memória*** é a capacidade de lembrar os pensamentos. Para uma experiência tornar-se parte da memória, ela deve produzir alterações no sistema nervoso central que representam a experiência.

A memória é classificada em duas categorias, de curto prazo (duração) e de longo prazo (duração). A ***memória de curto prazo*** dura somente segundos ou horas, e é a capacidade de lembrar frações de informação. Um exemplo é olhar para um número de telefone e lembrar dele por tempo suficiente para discar. A ***memória a longo prazo***, por outro lado, dura dias a anos. Se você usa freqüentemente um número de telefone, ele torna-se parte da memória a longo prazo, e pode ser recuperado para uso durante um longo período. O uso de tal reforço é denominado ***consolidação da memória***.

As porções do encéfalo consideradas como associadas à memória incluem o córtex de associação dos lobos frontal, parietal, occipital e temporal, partes do sistema límbico e o diencéfalo.

Eletrencefalograma (EEG)

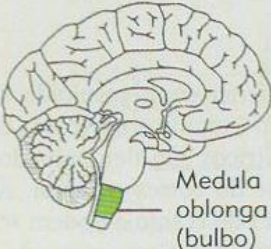
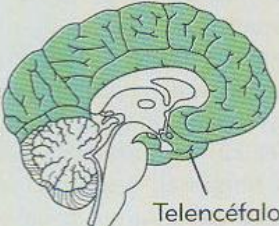
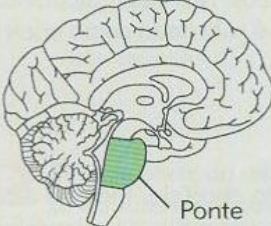
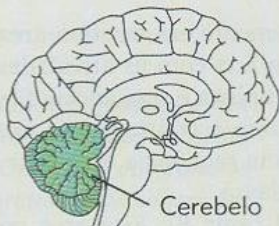
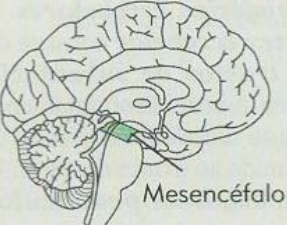
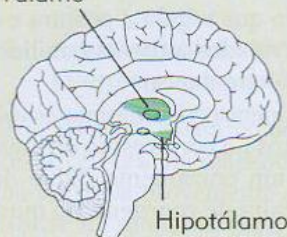
As células do cérebro geram atividade elétrica como resultado de literalmente milhões de potenciais de ação (impulsos nervosos) de neurônios individuais. Os potenciais elétricos são denominados ***ondas cerebrais*** e indicam a atividade do córtex cerebral. As ondas cerebrais passam facilmente através do crânio e podem ser detectadas por sensores denominados eletrodos. Um registro dessas ondas é denominado ***eletrencefalograma (EEG)***. O EEG é usado clinicamente no diagnóstico de epilepsia, doenças infecciosas, tumores, trauma e coágulos sangüíneos. Nos casos de dúvida, um EEG nivelado (linear) cada vez mais é solicitado como critério de ***morte cerebral***.

Cerebelo

O ***cerebelo*** é a segunda maior porção do encéfalo. Ele está atrás do bulbo e da ponte, e abaixo dos lobos occipitais do telencéfalo (veja a Figura 10.6).

O cerebelo consiste de dois ***hemisférios cerebelares***. A superfície do cerebelo denominada ***córtex cerebelar*** consiste de substância cinzenta. Sob o córtex, há ***tractos de substância branca*** que lembram os ramos de uma árvore. Profundamente dentro da substância branca, há massas de substância cinzenta, os ***núcleos do cerebelo***. O cerebelo está unido ao tronco do encéfalo por três pares de feixes de fibras denominados ***pedúnculos cerebelares*** (veja a Figura 10.8).

O cerebelo compara o movimento pretendido programado pelas áreas motoras no telencéfalo com o que está realmente ocorrendo. Ele recebe constantemente informação sensitiva dos músculos, tendões e articulações, receptores do equilíbrio e receptores visuais nos olhos. O cerebelo auxilia a uniformizar e coordenar as seqüências complexas de contrações dos músculos esqueléticos. O cerebelo é a principal região do encéfalo que regula a postura e o equilíbrio, e torna possível todas as atividades motoras habilidosas, desde apanhar uma bola de beisebol até dançar.

A lesão do cerebelo por trauma ou doença cria sintomas envolvendo os músculos esqueléticos. Os efeitos no corpo estão do mesmo lado lesado do cerebelo, devido a um cruzamento duplo de tractos dentro do cerebelo. Pode haver falta de coordenação muscular, denominada ***ataxia*** (*a* = sem; *taxis* = ordem). As pessoas

com olhos vendados e com ataxia não podem tocar o ápice de seu nariz com um +dedo pois não podem coordenar o movimento com o seu senso de localização da parte do corpo. Outro sinal de ataxia é um padrão de fala alterado devido à não-coordenação dos músculos da fala. A lesão cerebelar também pode resultar ***em distúrbios da marcha*** (andar cambaleante ou movimentos anormais de ambulação) e ***tontura***. O álcool inibe o cerebelo e indivíduos que consomem muito álcool mostram sinais de ataxia.

Um resumo das partes principais do encéfalo e suas funções é apresentado no Quadro 10.1.

Quadro 10.1 Resumo das Funções das Principais Partes do Encéfalo

PARTE	FUNÇÃO
Tronco encefálico	
	Medula oblonga (Bulbo): Retransmite os impulsos sensitivos e motores entre outras partes do encéfalo e a medula espinal. A formação reticular (também na ponte, no mesencéfalo e no diencéfalo) age na consciência e vigília. Os centros vitais regulam o batimento cardíaco, a respiração (em conjunto com a ponte) e o diâmetro do vaso sangüíneo. Outros centros coordenam a deglutição, o vômito, a tosse, o espirro e o soluço. Contém núcleos relacionados aos nervos cranianos VIII, IX, X, XI e XII.
Ponte	*Ponte*: Retransmite os impulsos nervosos da medula espinal ao encéfalo e entre partes do encéfalo. Contém núcleos relacionados aos nervos cranianos V, VI, VII e VIII. Junto com o bulbo, auxilia a controlar a respiração.
	Mesencéfalo: Retransmite os impulsos nervosos motores do córtex cerebral à ponte e os impulsos nervosos sensitivos da medula espinal ao tálamo. Contém núcleos de origem dos nervos cranianos III e IV.
Diencéfalo	
	Tálamo: Retransmite todas as informações sensitivas ao córtex cerebral. Fornece apreciação crua (grosseira, indefinida) do tato, da pressão, da dor e da temperatura.
	Hipotálamo: Controla e integra as atividades do sistema nervoso autônomo e da hipófise. Controla a temperatura corporal e regula o comportamento da ingestão de alimento e bebida. Auxilia a manter a consciência e estabelece padrões de sono.
Telencéfalo	
	Telencéfalo: As áreas sensitivas interpretam impulsos sensitivos, as áreas motoras controlam o movimento muscular e as áreas de associação atuam em processos emocionais e intelectuais. Os núcleos da base coordenam os movimentos musculares subconscientes (automáticos) e regulam o tônus muscular. O sistema límbico atua em aspectos emocionais do comportamento relacionados à sobrevivência.
	Cerebelo: Compara os movimentos pretendidos com o que está realmente ocorrendo, para uniformizar e coordenar os movimentos complexos e habilidosos. Regula a postura e o equilíbrio.

leurotransmissores

Objetivo: *Explicar as funções de neurotransmissores selecionados.*

erca de 60 substâncias são ***neurotransmissores*** conhecidos u suspeitos. Estas substâncias são liberadas por vesículas sinápticas as terminações axonais, e estabelecem linhas de comunicação ntre as células nervosas; elas facilitam, excitam ou inibem os eurônios pós-sinápticos no SNC. As atividades do sistema nervo- o dependem dos níveis apropriados e da regulação dos neurotrans- nissores. Muitas doenças do sistema nervoso são devidas a pro- lemas com os neurotransmissores.

A seguir estão alguns exemplos de neurotransmissores:

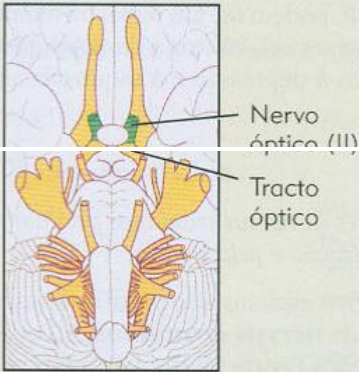
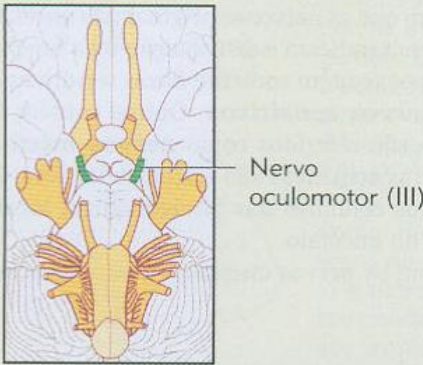
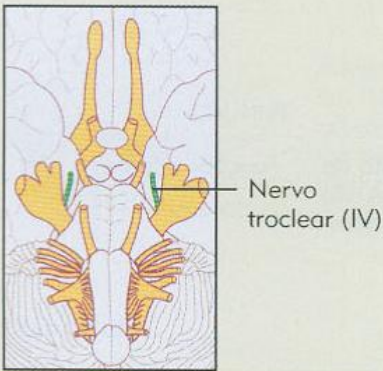
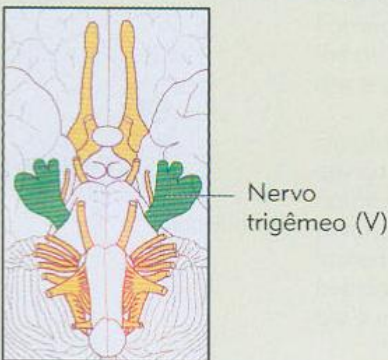
1. ***Acetilcolina***. Encontrada no córtex cerebral, em todas as junções neuromusculares esqueléticas e no sistema nervoso autônomo; usualmente excitatória; o bloqueio dos receptores de acetilcolina nos músculos esqueléticos leva à miastenia grave.
2. ***Dopamina***. Concentrada no encéfalo; normalmente excitatória; envolvida nas respostas emocionais e movimentos subconscientes (automáticos) dos músculos esqueléticos; níveis diminuídos associados à doença de Parkinson.
3. ***Noradrenalina*** (norepinefrina). Liberada em algumas junções neuromusculares e neuroglandulares; concentrada no tronco do encéfalo; também encontrada em outras partes do SNC; normalmente excitatória; pode estar relacionada à vigília, aos sonhos e à regulação do humor.
4. ***Serotonina***. Encontrada no SNC; normalmente inibitória; pode estar envolvida na indução do sono, na percepção sensorial, na regulação da temperatura e no controle do humor.
5. ***Ácido gama-aminobutírico (GABA)***. Concentrado no encéfalo; inibitório; provavelmente um alvo para drogas ansiolíticas como o Valium, que intensifica a ação do ácido gama-aminobutírico.
6. ***Substância P***. Encontrada nas fibras sensitivas e SNC; estimula a percepção da dor.
7. ***Encefalinas***. Concentradas no SNC; inibem os impulsos da dor suprimindo a substância P.
8. ***Endorfinas***. Concentradas na hipófise e no encéfalo; inibem a dor inibindo a substância P; podem ter um papel na memória e aprendizado, atividade sexual, controle da temperatura corporal; têm sido ligadas à depressão e à esquizofrenia.

Nervos Cranianos

Objetivo: *Identificar os 12 pares de nervos cranianos pelo nome, pelo número, pelo tipo, pela localização e pela função.*

Os nervos cranianos, como os nervos espinais, são parte do sistema nervoso periférico. Dos 12 pares de ***nervos cranianos***, 10 originam-se do tronco do encéfalo (veja a Figura 10.8), mas todos passam através de forames (orifícios) no crânio. Os nervos cranianos são designados por algarismos romanos e nomes. Os algarismos romanos indicam a ordem em que os nervos se originam do encéfalo (da frente para trás). Os nomes indicam a distribuição ou a função.

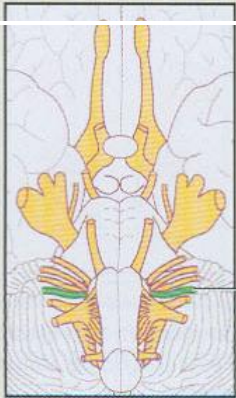
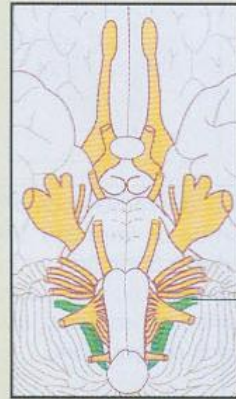
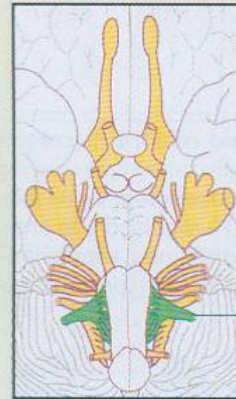
Alguns nervos cranianos contêm somente fibras sensitivas e, assim, são denominados ***nervos sensitivos***. Outros contêm fibras sensitivas e motoras e são referidos como ***nervos mistos***. Os corpos celulares das fibras sensitivas são encontrados fora do encéfalo, enquanto os corpos celulares das fibras motoras localizam-se nos núcleos dentro do encéfalo.

O Quadro 10.2 resume os nervos cranianos e as aplicações clínicas.

Quadro 10.2 Resumo dos Nervos Cranianos

ALGARISMO E NOME	TIPO (Sensitivo, Motor ou Misto)	LOCALIZAÇÃO	FUNÇÃO
Nervo craniano I: **olfatório** (*olfacere* = cheirar)	Sensitivo	Origina-se no revestimento do nariz (túnica mucosa). A via olfatória termina no lobo temporal do córtex cerebral.	*Função*: olfato.

(*Continua*)

Quadro 10.2 Resumo dos Nervos Cranianos (*Continuação*)

ALGARISMO E NOME	TIPO (Sensitivo, Motor ou Misto)	LOCALIZAÇÃO	FUNÇÃO
Nervo craniano II: **óptico** (*optikos* = visão, olho) Nervo óptico (II) Tracto óptico	Sensitivo	Origina-se na retina do olho, a via óptica termina na área visual no lobo occipital do córtex cerebral.	*Função*: visão.
Nervo craniano III: **oculomotor** (*oculus* = olho; *motor* = autor do movimento) Nervo oculomotor (III)	Misto, predominantemente motor	*Porção motora*: Origina-se no mesencéfalo e distribui-se na pálpebra superior e em quatro músculos extrínsecos do olho; inervação parassimpática ao músculo ciliar e músculo esfíncter da pupila, ambos músculos intrínsecos do olho. *Porção sensitiva*: Consiste de fibras sensitivas de proprioceptores nos músculos do olho, e termina no mesencéfalo.	*Função motora*: Movime[nt]o da pálpebra superior [e] do olho; altera a lente (cris[ta]lino) para a visão de pe[r]to, e constrição da pupil[a] (miose). *Função sensitiva*: Sensib[i]lidade muscular (proprio[]cepção).
Nervo craniano IV: **troclear** (*trokhileia* = roldana, carretel) Nervo troclear (IV)	Misto, predominantemente motor	*Porção motora*: Origina-se no mesencéfalo e inerva um músculo extrínseco do olho. *Porção sensitiva*: Consiste de fibras sensitivas do músculo (proprioceptivas) e termina no mesencéfalo.	*Função motora*: Movimen[]to do olho. *Função sensitiva*: Sensibi[li]dade muscular (propriocep[]ção).
Nervo craniano V: **trigêmeo** (*tri* = três; geminus = gêmeo; *trigeminus* = três vezes, por seus três ramos) Nervo trigêmeo (V)	Misto	*Porção motora*: Origina-se na ponte e inerva os músculos da mastigação. *Porção sensitiva*: Consiste de três ramos: *oftálmico, maxilar* e *mandibular*. Os três ramos juntam-se no gânglio trigeminal e terminam na ponte. A porção sensitiva também consiste de fibras sensitivas (proprioceptivas) dos músculos utilizados na mastigação.	*Função motora*: Mastiga[]ção. *Função sensitiva*: Transpor[]ta sensações do tato, da dor e da temperatura das estruturas que supre; sensibilidade muscular.

(Continua)

Quadro 10.2 Resumo dos Nervos Cranianos (*Continuação*)

ALGARISMO E NOME	TIPO (Sensitivo, Motor ou Misto)	LOCALIZAÇÃO	FUNÇÃO
Nervo craniano VI: **abducente** (*ab* = para longe; *ducere* = conduzir) Nervo abducente (VI)	Misto, predominantemente motor	*Porção motora*: Origina-se na ponte e inerva um músculo extrínseco do olho. *Porção sensitiva*: Consiste de fibras sensitivas (proprioceptivas) do músculo e termina na ponte.	*Função motora*: Movimento do olho. *Função sensitiva*: Sensibilidade muscular (propriocepção).
Nervo craniano VII: **facial** (*facies* = face) Nervo facial (VII)	Misto	*Porção motora*: Origina-se na ponte e inerva os músculos da face, do couro cabeludo e alguns do pescoço; as fibras parassimpáticas do SNA passam às glândulas lacrimal e salivares. *Porção sensitiva*: Origina-se dos botões gustativos na língua a via gustativa termina na área gustativa no lobo temporal do córtex cerebral; também consiste de fibras sensitivas (proprioceptivas) dos músculos da face e couro cabeludo.	*Função motora*: Expressão facial e secreção de saliva e lágrima. *Função sensitiva*: Sensibilidade muscular (propriocepção) e gosto paladar.
Nervo craniano VIII: **vestibulococlear** (*vestibulum* = vestíbulo; cóclos = caramujo) Nervo vestibulococlear (VIII)	Sensitivo, anteriormente chamado de nervo auditivo	*Ramo coclear*: Origina-se no órgão espiral (órgão da audição); a via auditiva termina na área auditiva no lobo temporal do córtex cerebral. *Ramo vestibular*: Origina-se nos órgãos do equilíbrio e termina na ponte e no cerebelo.	*Função do ramo coclear*: Transmite os impulsos associados à audição. *Função do ramo vestibular*: Transmite os impulsos associados ao equilíbrio.
Nervo craniano IX: **glossofaríngeo** (*glossa* = língua; *pharynx* = garganta) Nervo glossofaríngeo (IX)	Misto	*Porção motora*: Origina-se no bulbo e inerva, os músculos da deglutição na faringe; as fibras parassimpáticas do SNA inervam uma glândula salivar. *Porção sensitiva*: Origina-se nos botões gustativos da língua e termina no bulbo; também consiste de fibras sensitivas (proprioceptivas) dos músculos da deglutição (faringe).	*Função motora*: Secreção de saliva. *Função sensitiva*: Gosto (paladar) e regulação da pressão sangüínea; sensibilidade muscular (propriocepção).

(*Continua*)

Quadro 10.2 Resumo dos Nervos Cranianos (*Continuação*)

ALGARISMO E NOME	TIPO (Sensitivo, Motor ou Misto)	LOCALIZAÇÃO	FUNÇÃO
Nervo craniano X: **vago** (*vagus* = errante) Nervo vago (X)	Misto	*Porção motora* (principal): Origina-se no bulbo e termina nos músculos da faringe, da laringe, das vias respiratórias, dos pulmões, do esôfago, do coração, do estômago, do intestino delgado, a maior parte do intestino grosso e a vesícula biliar; as fibras parassimpáticas do SNA inervam os músculos involuntários e as glândulas do trato gastrintestinal. *Porção sensitiva*: Origina-se essencialmente das mesmas estruturas supridas pelas fibras motoras e termina no bulbo e na ponte; consiste de fibras sensitivas (proprioceptivas) dos músculos inervados e de fibras dos botões gustativos.	*Função motora*: Movimento das vísceras (músculos liso e cardíaco e glândulas). *Função sensitiva*: Sensações das vísceras; sensibilidade muscular (propriocepção); gosto (paladar).
Nervo craniano XI: **acessório** (*accessorius* = auxiliar) Nervo acessório (XI)	Misto, predominantemente motor	*Porção motora*: Origem do bulbo supre os músculos voluntários da faringe e laringe, origem da região cervical da medula espinal supre os músculos esternocleidomastóideo e trapézio. *Porção sensitiva*: Consiste de fibras sensitivas (proprioceptivas) dos músculos inervados.	*Função motora*: Movimento da língua durante a fala, a deglutição e os movimentos da cabeça. *Função sensitiva*: Sensibilidade muscular (propriocepção).
Nervo craniano XII: **hipoglosso** (*hypo* = abaixo de; *glossa* = língua) Nervo hipoglosso (XII)	Misto, predominantemente motor	*Porção motora*: Inerva os músculos da língua, exceto o músculo palatoglosso. *Porção sensitiva*: Consiste das fibras sensitivas (proprioceptivas) dos músculos inervados.	*Função motora*: Movimento da língua durante a fala, a deglutição e a mastigação. *Função sensitiva*: Sensibilidade muscular (propriocepção).

foco no bem-estar

À Procura de Morfeu

Enquanto aqueles que a têm usualmente não lhe dão valor, as pessoas que não a têm fariam quase tudo por ela. Embora seja extremamente valiosa, você não pode comprá-la. Você não pode tomá-la emprestado, roubá-la ou dá-la de presente. Quanto mais você tenta alcançá-la, menor a probabilidade de conseguir. O que é? Uma boa noite de sono.

A insônia pode incluir qualquer uma ou todas as seguintes características:

1. Levar muito tempo para adormecer.
2. Acordar freqüentemente durante a noite.
3. Acordar muito cedo pela manhã.
4. Sentir-se cansado e insatisfeito com o sono ao despertar.

A insônia que continua por mais de algumas semanas é um problema que requer atenção médica, pois pode sinalizar um problema de saúde mais grave, como a depressão.

Por que Não Tomar uma Pílula para Dormir?

As pílulas para dormir estão entre as drogas mais comumente prescritas na América do Norte. Uma dose ocasional de sonífero pode ser útil quando ingerido conforme prescrito mas, de modo geral, a medicação somente piora o problema. As pílulas para dormir perturbam o ciclo do sono, de modo que o sono é menos satisfatório mesmo que você tenha mais dele. Elas freqüentemente deixam o usuário com uma ressaca que resulta em fadiga diurna. O usuário rapidamente desenvolve uma tolerância ao sonífero de modo que se torna menos efetivo no prazo de uma semana. Um dos maiores perigos de um sonífero é a dependência, que pode ser muito difícil de superar. Algumas pílulas para dormir podem mesmo causar insônia por suprimir a produção de dopamina no cérebro, um neurotransmissor que auxilia a dormir. O maior problema com as pílulas para dormir é que elas não atacam a causa real dos transtornos do sono: maus hábitos e estresse.

Terapia do Sono

Embora seja normal que ocorra alguma insônia durante períodos de estresse, ela deve desaparecer assim que a situação estressante seja resolvida. Quando a insônia persiste, freqüentemente é porque a pessoa desenvolveu um mau ambiente do sono ou maus hábitos de sono.

O ambiente de sono deve ser confortável, repousante e associado ao relaxamento e ao sono. As áreas de sono e de trabalho devem ser separadas. Se os ruídos de tráfego ou dos vizinhos são um problema, máquinas de "ruído neutro" ou fitas cassetes podem fornecer um tom calmante que ajuda a encobrir os sons perturbadores. Algumas pessoas ainda podem recorrer a protetores auriculares, embora estes possam ser problemáticos se você necessita acordar com um despertador. Cortinas que bloqueiam a luz podem ajudar a escurecer ambientes com janelas defronte a luzes externas brilhantes.

O uso regular de estimulantes pode interferir com a capacidade de adormecer e permanecer dormindo. Uma redução no consumo de cafeína (encontrada no café, no chá e nos refrigerantes do grupo cola) freqüentemente melhora a qualidade do sono. A nicotina do cigarro também é um estimulante e deve ser evitada. Muitas pessoas acreditam que o álcool as ajuda a relaxar e adormecer mas como as pílulas para dormir, o álcool interrompe o ciclo do sono. Embora o álcool possa ajudá-lo a adormecer, usualmente produz sono leve e agitado, e o indivíduo freqüentemente acorda subitamente durante a noite e é incapaz de voltar a dormir.

Uma grande refeição antes de deitar pode inibir o sono. Um lanche leve, porém, pode ajudar a dormir melhor. O exercício auxilia a reduzir a tensão muscular e melhora a qualidade do sono. O exercício também pode melhorar a capacidade de manejar o estresse, sentir-se menos preocupado e mais controlado. Porém, cuidado: exercícios muito próximos da hora de deitar podem excitá-lo em vez de acalmá-lo.

O sono vem mais facilmente para aqueles que se deitam com uma atitude mental pacífica. É útil relaxar por pelo menos uma hora antes de se deitar. Leia, ouça música, tricote, tome um banho quente. Evite atividades que o excitem. Uma rotina antes de ir para cama ajuda a deixá-lo pronto para o sono e para uma visita de Morfeu, o deus dos sonhos na mitologia grega.

Pensamento Crítico

Quais são alguns fatores comuns ao estilo de vida dos estudantes que podem contribuir para a insônia?

Como cada um destes fatores pode ser manejado para reduzir os problemas com o sono?

Doenças Comuns

Acidente Vascular Cerebral (AVC)

A doença cerebral mais comum é ***o acidente vascular cerebral (AVC)*** também chamado de ***derrame***. Um AVC é caracterizado por um início relativamente abrupto de sintomas neurológicos persistentes devidos à destruição do tecido cerebral resultante de distúrbios nos vasos sangüíneos que suprem o encéfalo. Os AVCs podem ser devidos a um suprimento sangüíneo diminuído ou a um vaso sangüíneo que se rompe.

Ataque Isquêmico Transitório (AIT)

Um ***ataque isquêmico transitório (AIT)*** é um período de disfunção cerebral temporária causada por uma interferência no suprimento sangüíneo ao cérebro.

Lesão da Medula Espinal

A medula espinal pode ser lesada de vários modos. Dependendo da localização e da extensão da lesão, pode haver paralisia. A ***paralisia*** refere-se à perda total da função motora resultante da lesão ao tecido nervoso ou a um músculo. A paralisia pode ser classificada como segue: ***monoplegia*** (*mono* = um; *plege* = derrame) é a paralisia apenas de um membro e usualmente resulta de um ***derrame*** (lesão do tecido cerebral devida a uma interrupção do suprimento sangüíneo ou ruptura de um vaso sangüíneo); ***paraplegia*** (*para* = além de) é a paralisia de ambos os membros inferiores devido à lesão da medula espinal nas regiões torácica e lombar (parte superior); ***hemiplegia*** (*hemi* = metade) é a paralisia do membro superior, do tronco e do membro inferior de um lado do corpo, usualmente devida a um derrame; e quadriplegia (*quad* = quatro) ou ***tetraplegia*** é a paralisia dos dois membros superiores e dos dois membros inferiores, e está associada a uma lesão da medula espinal na região cervical.

Neurite

A ***neurite*** é a inflamação de um único nervo, dois ou mais nervos em áreas separadas ou muitos nervos simultaneamente.

Isquiática (Ciática)

A ***ciática*** é um tipo de neurite caracterizada por dor intensa ao longo do nervo isquiático (ciático) ou seus ramos. Ela pode ser causada por um disco intervertebral deslocado, lesão pélvica, osteoartrite de vértebras lombares e pressão por um útero em expansão durante a gravidez.

Cobreiro (Herpes Zóster)

O ***cobreiro*** ou cobrero é uma infecção aguda do sistema nervoso periférico. Ele é causado pelo herpes zóster, um vírus do grupo da varicela.

Tumores Cerebrais

O ***tumor cerebral*** refere-se a qualquer crescimento benigno ou maligno na cavidade do crânio.

Poliomielite

A ***poliomielite (paralisia infantil)***, ou simplesmente ***pólio*** (*polios* = cinza), é causada por um vírus denominado poliovírus. O vírus destrói os corpos celulares dos neurônios motores somáticos, especificamente nos cornos ventrais (anteriores) da medula espinal e nos núcleos dos nervos cranianos, e produz paralisia e atrofia dos músculos esqueléticos.

Paralisia Cerebral (PC)

O termo ***paralisia cerebral (PC)*** refere-se a um grupo de distúrbios motores resultando na perda de controle muscular. Ela é causada pela lesão das áreas motoras no cérebro.

Doença de Parkinson (DP)

A ***doença de Parkinson (DP)*** é um distúrbio progressivo do sistema nervoso central que afeta tipicamente pessoas em torno de 60 anos. A causa é desconhecida. Na DP existe uma degeneração dos neurônios que produzem dopamina na substância negra (núcleo no mesencéfalo), e a redução intensa da dopamina nos núcleos da base produz a maioria dos sintomas: tremor, desempenho motor reduzido, rigidez dos músculos da face, deambulação prejudicada, má postura, disfunção autônoma e queixas sensitivas.

Esclerose Múltipla (EM)

A ***esclerose múltipla (EM)*** é a destruição progressiva das bainhas de mielina dos neurônios no sistema nervoso central, que interfere com a transmissão de impulsos nervosos de um neurônio a outro. Embora a causa da EM não esteja clara, existe alguma evidência de que ela resulta da ação de um vírus, que desencadeia uma resposta auto-imune em que os oligodendrócitos produtores de mielina são destruídos por uma célula de defesa denominada célula T citotóxica (assassina), um tipo de leucócito conhecido como linfócito (veja o Capítulo 17).

Epilepsia

A ***epilepsia*** é caracterizada por ataques curtos, recorrentes e periódicos de disfunção motora, sensitiva ou psicológica. Os ataques, denominados ***crises epilépticas***, são iniciados por descargas anormais e irregulares de eletricidade por milhões de neurônios no cérebro.

Dislexia

Na ***dislexia*** (*dys* = dificuldade; *lexis* = palavras), a capacidade do cérebro de traduzir imagens recebidas dos olhos ou orelhas em uma linguagem compreensível é prejudicada. A condição é um distúrbio genético, e não está relacionada à capacidade intelectual básica. Alguma peculiaridade no padrão organizacional do cérebro distorce a capacidade de ler, escrever e contar.

Doença de Tay-Sachs

A ***doença de Tay-Sachs*** é uma doença hereditária em que os neurônios do cérebro se degeneram devido a quantidades excessivas de um lipídio denominado gangliosídeo. Não existe cura conhecida, e as crianças que nascem com o distúrbio freqüentemente morrem antes dos 5 anos de idade.

Cefaléia

Uma das aflições humanas mais comuns é a ***cefaléia*** ou ***cefalgia*** (*enkephalos* = cérebro; *algia* = condição dolorosa). Com base na origem, dois tipos gerais são distinguidos: intracraniana (dentro do crânio) e extracraniana (fora da cavidade do crânio). As cefaléias graves de origem intracraniana são causadas

por tumores cerebrais, anormalidades dos vasos sangüíneos, inflamação do encéfalo ou das meninges, redução no suprimento de oxigênio ao encéfalo ou lesão das células cerebrais. As cefaléias extracranianas estão relacionadas às infecções dos olhos, das orelhas, do nariz e dos seios paranasais, e são comumente sentidas como cefaléias devido à localização dessas estruturas. As cefaléias de tensão são cefaléias extracranianas associadas ao estresse, à fadiga e à ansiedade, e freqüentemente ocorrem nos músculos occipitais e temporais. ***Enxaqueca*** é uma cefaléia usualmente generalizada mas pode afetar somente um lado. Ela é acompanhada por náusea, anorexia e vômito. Evidências sugerem que a enxaqueca é um distúrbio genético relacionado a alterações regionais no fluxo sangüíneo do cerebro.

Nevralgia do Trigêmeo (Tique Doloroso)

A irritação do nervo trigêmeo (V) causa ***nevralgia do trigêmeo*** ou ***tique doloroso***, caracterizada por dor breve mas extrema na face e na fronte no lado afetado.

Síndrome de Reye (SR)

A síndrome de Reye (SR) parece ocorrer após uma infecção viral, particularmente varicela ou influenza. A aspirina em doses normais é considerada como um fator de risco e, mais freqüentemente, crianças e adolescentes são afetados. A doença caracteriza-se por vômitos e disfunção cerebral (desorientação, letargia e alterações de personalidade) e pode progredir para coma e morte.

Doença de Alzheimer (DA)

A doença de Alzheimer é um distúrbio neurológico incapacitante que aflige cerca de 11% da população acima de 65 anos. Os pacientes com DA inicialmente têm problemas em lembrar os eventos recentes. A seguir, eles se tornam mais confusos e esquecidos, freqüentemente repetindo questões ou perdendo-se no trajeto para locais já familiares. A desorientação aumenta e a memória de eventos passados desaparece. À medida que as suas faculdades mentais continuam a deteriorar-se, eles perdem sua capacidade de ler, escrever, falar, comer ou caminhar. A doença culmina na demência, que é a perda da razão e da capacidade para cuidar de si mesmo. Uma pessoa com DA freqüentemente morre de alguma complicação que afeta os pacientes acamados, como a pneumonia. Suas causas são desconhecidas, seus efeitos são irreversíveis e ela não tem cura. Entre as condições ligadas à DA estão um defeito genético, um vírus de ação lenta e toxinas ambientais. Ela é a quarta principal causa de morte entre os idosos, depois da doença cardíaca, câncer e derrame cerebral.

Delírio

O delírio (*deliria* = fora do trato, da nota) é um transtorno temporário de cognição anormal (percepção, pensamento e memória) acompanhado por febre, transtornos do ciclo do sono-vigília e da fala, e movimentos hiperativos ou hipoativos.

Terminologia e Condições Médicas

Agnosia (*a* = sem; *gnosis* = conhecimento) Incapacidade de reconhecer o significado de estímulos sensitivos.

Analgesia (*a* = sem; *algia* = condição dolorosa) Alívio da dor.

Anestesia (*esthesia* = sensação) Perda da sensibilidade.

Bloqueio nervoso Perda da sensibilidade em uma região, como na anestesia local odontológica, pela injeção de um anestésico local.

Coréia de Huntington (*choreia* = dança) Uma rara doença hereditária caracterizada por movimentos involuntários espasmódicos e deterioração mental que termina em demência.

Demência (*de* = para longe de; *mens* = mente) Um transtorno mental orgânico que resulta na perda permanente ou progressiva das capacidades intelectuais (memória, julgamento, pensamento abstrato) e alterações na personalidade.

Eletroconvulsoterapia (ECT) Uma forma de terapia de choque em que convulsões são induzidas passando-se uma breve corrente elétrica através do cérebro. Ela é uma opção de tratamento para a depressão grave e mania aguda em adultos.

Encefalite viral Uma inflamação aguda do encéfalo, causada diretamente por diversos vírus ou por uma reação alérgica a um dos muitos vírus que são normalmente inofensivos ao sistema nervoso central. Se o vírus também afeta a medula espinal, é denominada ***encefalomielite***.

Estupor Falta de responsividade da qual um paciente somente pode ser despertado brevemente e por estímulo vigoroso e repetido.

Nevralgia (*neur* = nervo) Ataques de dor ao longo de todo o trajeto ou do ramo de um nervo sensitivo periférico.

Resumo dos Estudos

Medula Espinal (p. 220)

Proteção e Revestimentos (p. 220)

1. A medula espinal é protegida pelo canal vertebral, pelas meninges, pelo líquido cerebrospinal e pelos ligamentos vertebrais.
2. As meninges são três revestimentos de tecido conjuntivo que envolvem de maneira contínua a medula espinal e o encéfalo: dura-máter, aracnóide e pia-máter.
3. A remoção do líquido cerebrospinal pela cavidade (espaço) subaracnóide é denominada punção espinal (lombar). O procedimento é usado para diagnosticar patologias e para introduzir antibióticos ou meio de contraste.

Características Gerais (p. 220)

1. A medula espinal estende-se do forame magno no osso occipital até a parte superior da segunda vértebra lombar.

2. Ela contém intumescência cervical e lombossacral que são regiões pontos de origem dos nervos aos membros superior e inferior.
3. As raízes dos nervos originários da porção mais inferior da medula espinal constituem a cauda eqüina.
4. A substância cinzenta na medula espinal é dividida em cornos, e a substância branca, em funículos.
5. No centro da medula espinal está o canal central, que percorre o comprimento da medula espinal e contém líquido cerebrospinal.
6. A medula espinal contém tractos sensitivos (ascendentes) e motores (descendentes).

Estrutura em Corte Transversal (p. 222)

1. As partes da medula espinal observadas em corte transversal são o canal central; cornos ventral (anterior), dorsal (posterior) e lateral; colunas brancas anterior, posterior e lateral; e tractos ascendentes e descendentes.
2. A medula espinal conduz as informações sensitivas e motora através dos tractos sensitivos (ascendentes) e motores (descendentes), respectivamente.

Funções (p. 222)

1. Uma importante função da medula espinal é conduzir os impulsos sensitivos da periferia ao encéfalo, e conduzir os impulsos motores do encéfalo à periferia do corpo.
2. A outra função principal é servir como um centro reflexo. A raiz dorsal (posterior), o gânglio espinal e a raiz ventral (anterior) estão envolvidas na transmissão de um impulso nervoso.
3. Um arco reflexo é a via mais curta que pode ser tomada por um impulso, de um receptor a um efetor. Seus componentes básicos são um receptor, um neurônio sensitivo, um centro integrador, um neurônio motor e um efetor.
4. Um reflexo é uma resposta automática rápida e previsível a um estímulo que passa ao longo de um arco reflexo. Os reflexos representam os principais mecanismos do corpo para responder a alterações (estímulos) nos meios interno e externo.

Nervos Espinais (p. 226)

Nomes (p. 226)

1. Os 31 pares de nervos espinais são denominados e numerados de acordo com a região e o nível da medula espinal da qual eles emergem.
2. Existem 8 pares de nervos cervicais, 12 pares torácicos, 5 pares lombares, 5 pares sacrais e 1 par coccígeo.

Composição e Revestimentos (p. 226)

1. Os nervos espinais estão unidos à medula espinal por meio de uma raiz dorsal (posterior) e uma raiz ventral (anterior). Todos os nervos espinais são mistos.
2. As fibras nervosas individuais, feixes de fibras e todo o nervo estão envolvidos em tecido conjuntivo.

Distribuição (p. 226)

1. Os ramos de um nervo espinal incluem os ramos dorsal, ventral, meníngeo e comunicantes.
2. Os ramos ventrais dos nervos espinais, exceto de T2 a T11, formam redes de nervos denominadas plexos.
3. Os principais plexos são denominados plexos cervical, braquial, lombar e sacral (lombossacral). Os plexos ramificam-se várias vezes.
4. Os nervos T2 a T11 não formam plexos e são denominados nervos intercostais (torácicos). Eles são distribuídos diretamente às estruturas que eles suprem nos espaços intercostais.

Encéfalo (p. 227)

Partes Principais (p. 227)

1. As partes principais do encéfalo são o tronco do encéfalo, o cérebro (diencéfalo e telencéfalo) e o cerebelo.
2. O tronco do encéfalo consiste da medula oblongata (bulbo), da ponte e do mesencéfalo. O diencéfalo consiste do tálamo e do hipotálamo.

Proteção e Revestimentos (p. 227)

1. O encéfalo é protegido pelos ossos cranianos, pelas meninges e pelo líquido cerebrospinal.
2. As meninges encefálicas são contínuas com as meninges espinais e são denominadas dura-máter, aracnóide e pia-máter.

Líquido Cerebrospinal (Líquor) (p. 228)

1. O líquido cerebrospinal é formado nos plexos coróides e circula continuamente através da cavidade (espaço) subaracnóide, dos ventrículos e do canal central.
2. O líquido cerebrospinal protege servindo de amortecedor de choques. Ele também envia substâncias nutritivas do sangue e remove as impurezas.

Suprimento Sangüíneo (p. 228)

1. Qualquer interrupção do suprimento de oxigênio ao encéfalo pode enfraquecer, causar lesão permanente ou matar suas células.
2. A deficiência de glicose pode produzir tontura, convulsões e inconsciência.
3. A barreira hematoencefálica (BHE) explica as diferentes taxas de passagem de certos materiais do sangue ao encéfalo.

Tronco do Encéfalo (p. 230)

1. A medula oblongata (bulbo) é contínua com a parte superior da medula espinal. Ela contém regiões para regular a freqüência cardíaca, o diâmetro dos vasos sangüíneos, a freqüência respiratória, a deglutição, a tosse, o vômito, o espirro e o soluço. Os nervos vestibulococlear, acessório, vago e hipoglosso também se originam no bulbo.
2. A ponte está superiormente ao bulbo. Ela conecta a medula oblonga ao restante do encéfalo e une partes do encéfalo umas às outras. Ela retransmite impulsos relacionados com movimentos voluntários do córtex cerebral ao cerebelo. Os nervos trigêmeo, abducente, facial e o ramo vestibular do nervo vestibulococlear também se originam na ponte. A ponte contém duas regiões que controlam a respiração.

3. O mesencéfalo conecta a ponte ao diencéfalo. Ele conduz impulsos motores do cérebro ao cerebelo e medula espinal, e impulsos sensitivos da medula espinal ao tálamo.

Diencéfalo (p. 232)

1. O diencéfalo consiste principalmente do tálamo e do hipotálamo.
2. O tálamo está superiormente ao mesencéfalo e contém núcleos que servem como estações de retransmissão para os impulsos sensitivos ao córtex cerebral. Ele também proporciona reconhecimento indefinido, grosseiro da dor, temperatura, tato, pressão e vibração.
3. O hipotálamo está abaixo do tálamo. Ele controla e integra o sistema nervoso autônomo e a hipófise, controla a raiva e a agressão, controla a temperatura corporal, regula a ingestão de alimento e líquido e mantém os padrões de consciência e do sono.

Sistema Ativador Reticular (SAR), Consciência e Sono (p. 233)

1. O SAR age no estado de vigília (despertar de um sono profundo) e consciência (estado de alerta).
2. O sono é um estado de inconsciência parcial do qual um indivíduo pode ser despertado.

Telencéfalo (p. 234)

1. O telencéfalo é a maior parte do encéfalo. Seu córtex contém giros, fissuras e sulcos.
2. Os lobos cerebrais são denominados frontal, parietal, temporal e occipital.
3. O hemisfério cerebral esquerdo é mais importante para o controle do indivíduo destro, linguagem falada e escrita, habilidades numéricas e científicas e raciocínio; o hemisfério direito é mais importante para controle do canhoto, sensibilidade musical e artística, percepção espacial e de padrão, discernimento, imaginação e geração de imagens mentais da visão, som, tato, gosto (paladar) e olfato.
4. A substância branca está sob o córtex cerebral, e consiste de axônios mielinizados correndo em três direções principais.
5. Os núcleos da base são massas pares de substância cinzenta no interior dos hemisférios cerebrais. Eles auxiliam a controlar os movimentos musculares.
6. O sistema límbico tem partes no hemisfério cerebral e no diencéfalo. Ele atua nos aspectos emocionais do comportamento e memória.
7. As áreas sensitivas do córtex cerebral recebem e interpretam os impulsos sensitivos. As áreas motoras comandam o movimento muscular. As áreas de associação estão relacionadas com processos emocionais e intelectuais.
8. A memória é a capacidade de lembrar pensamentos e freqüentemente é classificada em dois tipos: de curto prazo e de longo prazo (duração).
9. As ondas cerebrais geradas pelo córtex cerebral são registradas como um eletrencefalograma (EEG). Ele pode ser usado para diagnosticar epilepsia, infecções e tumores.

Cerebelo (p. 237)

1. O cerebelo ocupa as partes inferior e posterior da cavidade craniana. Ele consiste de dois hemisférios cerebelares, com um córtex cerebelar de substância cinzenta e uma perte interna de tractos de substância branca.
2. Ele está unido ao tronco do encéfalo por três pares de pedúnculos cerebelares (superior, médio, inferior).
3. O cerebelo coordena os músculos esqueléticos, mantém o tônus muscular normal e o equilíbrio corporal.

Neurotransmissores (p. 239)

1. Numerosas substâncias são neurotransmissores conhecidos ou suspeitos, que atuam facilitando, excitando ou inibindo os neurônios pós-sinápticos.
2. Exemplos de neurotransmissores incluem acetilcolina, dopamina, noradrenalina (noreprinefina), serotonina, ácido gama-aminobutírico, substância P, encefalinas e endorfinas.

Nervos Cranianos (p. 239)

1. Doze pares de nervos cranianos originam-se no encéfalo.
2. Assim como os nervos espinais, eles são parte do SNP. Veja o Quadro 10.2 para um resumo dos nervos cranianos.

Auto-avaliação

1. Um feixe de fibras localizado fora do sistema nervoso central é conhecido como
   a. núcleo b. tracto c. nervo d. dendrito e. coluna
2. O termo substância cinzenta refere-se a
   a. neurônios que são desmielinizados b. neurônios que são mielinizados c. revestimentos protetores de tecido conjuntivo que envolvem o encéfalo e a medula espinal d. tractos ascendentes e descendentes e. o revestimento dos ventrículos
3. As respostas rápidas a alterações no ambiente são referidas como
   a. plexos b. vias espinais c. vias piramidais d. vias de condução e. reflexos
4. Um neurônio sensitivo penetra na medula espinal por
   a. raiz ventral (anterior) b. raiz central c. corno lateral d. raiz dorsal (posterior) e. ramo superior
5. Os impulsos nervosos enviados pelo sistema nervoso central a um efetor são conduzidos através de
   a. neurônio motor
   b. neurônio sensitivo c. neurônio de associação d. tractos ascendentes e. cornos
6. Qual das seguintes não é uma função do líquido espinal?
   a. proteção b. circulação c. transmissão de impulso nervoso d. nutrição e. absorção de choques
7. Uma agulha usada durante uma punção espinal (lombar) atravessaria (em ordem)
   1. aracnóide
   2. dura-máter
   3. espaço epidural
   4. pia-máter
   5. cavidade (espaço) subaracnóide

   a. 1,2,3,5 b. 2,3,1,5,4 c. 3, 2, 1, 5
   d. 4, 3, 1, 5, 2 e. 5, 1, 3, 4, 2
8. O tracto espinal que conduz os impulsos aos músculos esqueléticos envolvidos em movimentos precisos é a via

a. ântero-lateral (espinotalâmica) b. direta (piramidal) c. indireta (extrapiramidal) d. funículo posterior – lemnisco medial e. ramo ventral

9. O tracto espinal que conduz impulsos para sentir dor, temperatura, tato protopático (grosseiro), pressão, cócegas e prurido é a via
   a. ântero-lateral (espinotalâmica) b. direta (piramidal) c. indireta (extrapiramidal) d. funículo posterior – lemnisco medial e. ramo ventral
10. Trace um arco reflexo iniciando com o estímulo e terminando com a resposta (reflexo).
    1. efetor
    2. centro integrador
    3. neurônio motor
    4. receptor
    5. neurônio sensitivo

    a. 4, 5, 2, 3, 1 b. 1, 5, 2, 3, 4 c. 4, 3, 2, 5, 1 d. 5, 2, 3, 4, 1 e. 3, 1, 4, 5, 2
11. A distribuição correta dos nervos espinais é ______ pares de nervos cervicais, ______ pares de nervos torácicos, ______ pares de nervos lombares, ______ pares de nervos sacrais e ______ par(es) de nervo(s) coccígeo(s)
    a. 12, 8, 5, 5, 1 b. 12, 5, 8, 5, 1 c. 8, 5, 12, 5, 3 d. 5, 5, 8, 12, 3 e. 8, 12, 5, 5, 1
12. O plexo supre os membros superiores e alguns músculos do pescoço e do ombro.
    a. braquial b. cervical c. lombar d. torácico e. sacral
13. O diencéfalo é composto de
    a. bulbo, ponte e hipotálamo b. mesencéfalo, hipotálamo e tálamo c. cerebelo e mesencéfalo d. bulbo, ponte e mesencéfalo e. hipotálamo e tálamo
14. A região do córtex cerebral envolvida no controle do movimento muscular é
    a. área somatossensitiva primária b. área motora primária c. área gnósica d. área de associação auditiva e. área gustativa primária
15. Qual dos seguintes nervos cranianos não está envolvido no controle do movimento do olho?
    a. II b. III c. IV d. VI e. X
16. O nervo craniano associado à audição e ao equilíbrio é
    a. V b. VII c. VIII d. X e. XII
17. O nervo craniano que atua na secreção da saliva e no gosto (paladar) é
    a. V b. VII c. VIII d. X e. XII

Aplicação do Pensamento Crítico

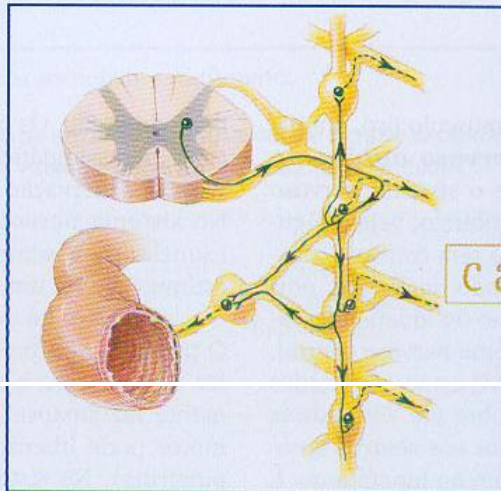
1. A primeira visita de Dênis ao dentista, após uma ausência de 10 anos, resultou em um extenso trabalho dentário. O dentista injetou um anestésico em vários locais durante a sessão. Enquanto almoçada, logo após a visita, a sopa gotejava para fora da boca de Dênis, pois ele não tinha sensibilidade no lado esquerdo de seu lábio superior, no lado direito do lábio inferior e no ápice de sua língua. O que o dentista fez a Dênis?
2. Uma pediatra suspeita que uma infecção está presente nos revestimentos protetores do encéfalo de uma criança. Ela solicita uma punção lombar. Liste os revestimentos protetores e suas funções. Como uma punção lombar pode fornecer informações sobre o encéfalo?
3. Compare os efeitos da lesão do 2° par craniano (II) e da lesão do lobo occipital.
4. Enquanto verificava a função do nervo craniano em um paciente na sala de emergência, uma enfermeira notou que o paciente podia ver mas não podia seguir a luz com seus olhos. O que estes resultados dizem a você sobre a função do nervo craniano nesse paciente?
5. Um parente idoso sofreu um derrame cerebral e agora tem dificuldade em controlar o movimento de seu braço direito e também tem alguns problemas de fala. Que áreas do encéfalo foram lesadas pelo derrame?
6. Um motorista embriagado sofreu um acidente de carro que causou lesão do tronco do encéfalo, esmagando seu bulbo. Preveja a conseqüência dessa lesão.

Respostas às Perguntas das Figuras

10.1 Cavidade (espaço) subaracnóide.
10.2 Sistema nervoso periférico.
10.3 Sensitivo; motor.
10.4 Área somatossensitiva primária do córtex cerebral; área motora primária do córtex cerebral.
10.5 Raiz ventral (anterior).
10.6 Medula oblonga (bulbo).
10.7 Formado nos plexos coróides e absorvido nas granulações aracnóides.
10.8 Medula oblonga (bulbo); mesencéfalo; ponte.
10.9 Decussação significa cruzamento para o lado oposto. As pirâmides contêm tractos motores que se estendem do córtex cerebral à medula espinal. Uma vez que elas conduzem impulsos para a contração do músculo esquelético, a conseqüência funcional da decussação das pirâmides é que um lado do cérebro controla os músculos do lado oposto do corpo.
10.10 Substância cinzenta.
10.11 Corpo caloso.
10.12 Área somatossensitiva primária; área motora da fala; área gustativa primária; área de associação somatossensitiva; área motora primária; área olfatória primária; área frontal do campo visual.

O Sistema Nervoso Autônomo

objetivos do aprendizado

1. Comparar as principais diferenças estruturais e funcionais entre o sistema nervoso somático e autônomo. 250
2. Identificar as características estruturais do sistema nervoso autônomo. 250
3. Descrever as funções do sistema nervoso autônomo. 254

uma visão geral

A parte do sistema nervoso que regula o músculo liso, o músculo cardíaco e as glândulas é o ***sistema nervoso autônomo (SNA)***. (Lembre-se de que, juntos, o SNA e o sistema nervoso somático compreendem o sistema nervoso periférico; veja a Figura 9.1.) Funcionalmente, ele usualmente opera sem controle consciente. O sistema foi originalmente denominado *autônomo*, pois os fisiologistas pensavam que ele era autônomo ou independentemente, isto é, funcionava sem controle do sistema nervoso central. Agora é reconhecido que muitas partes do SNC estão conectadas ao SNA e exercem influência considerável sobre ele. Os centros autônomos no córtex cerebral estão conectados aos centros autônomos do tálamo que, por sua vez, se conectam ao hipotálamo. É no hipotálamo que ocorre o principal controle e a integração do SNA. (Essa conexão entre o SNC e SNA é a razão porque a ansiedade, que pode resultar de estimulação consciente ou subconsciente no córtex cerebral, resulta em sudorese nas palmas das mãos e palpitações, e porque uma visão chocante ou horripilante pode resultar em queda da pressão arterial e desmaio). O hipotálamo recebe informação de áreas do sistema nervoso relacionadas às emoções e de receptores associados às funções viscerais, ao olfato, à gustação (paladar) e às alterações na temperatura e na composição eletrolítica do sangue.

Comparação entre os Sistemas Nervosos Somático e Autônomo

Objetivo: *Comparar as principais diferenças estruturais e funcionais entre os sistemas nervosos somático e autônomo.*

O sistema nervoso somático consiste de neurônios sensitivos que conduzem a informação dos receptores primariamente na cabeça, parede do tronco e membros, e de neurônios motores que comandam o movimento consciente dos músculos esqueléticos. O sistema nervoso autônomo consiste de neurônios motores que regulam as atividades viscerais, involuntária e automaticamente. Por exemplo, o SNA regula o diâmetro das pupilas, a forma (cristalino) para a visão de perto, a dilatação dos vasos sangüíneos, a freqüência e a força do batimento cardíaco, os movimentos do trato gastrintestinal e a secreção da maioria das glândulas.

O SNA normalmente é considerado inteiramente motor. Todos os seus axônios são fibras motoras, que transmitem os impulsos do sistema nervoso central aos efetores viscerais. Assim, as fibras autônomas são denominadas ***fibras motoras viscerais***. Os ***efetores viscerais*** incluem o músculo cardíaco, o músculo liso e o epitélio glandular. Os impulsos que se originam nos receptores nas vísceras são conduzidos por neurônios sensitivos dos nervos espinais para a medula espinal, ou dos nervos cranianos para a porção inferior do encéfalo. Os impulsos sensitivos são enviados a vários centros autônomos, e o impulso motor de retorno freqüentemente produz um ajuste em um efetor visceral sem o reconhecimento consciente. Porém, alguns tipos de sensibilidade visceral como a fome, a náusea, a plenitude da bexiga urinária e a dor nas vísceras, produzem um reconhecimento consciente.

O sistema nervoso autônomo consiste de duas divisões: ***simpático*** e ***parassimpático***. Muitos órgãos inervados pelo SNA recebem fibras motoras viscerais de ambas as divisões. Em geral, os impulsos de uma divisão estimulam o órgão a iniciar ou aumentar a atividade, enquanto os impulsos da outra diminuem a atividade do órgão. Os órgãos que recebem impulsos de fibras simp cas e parassimpáticas são referidos como de ***inervação du*** Assim, a inervação autônoma pode ser excitatória ou inibit No sistema nervoso somático, a estimulação de um mús esquelético é sempre excitatória. Quando o neurônio ces estimulação de um músculo, a contração conjuntamente cess

No SNA, há dois neurônios motores e um gânglio entre O primeiro neurônio motor dirige-se do SNC a um gânglio, faz sinapse com o segundo neurônio motor. Este neurônio f mente faz sinapse com um efetor visceral. O segundo neur motor pode liberar acetilcolina (ACh) ou noradrenalina (n pinefrina). No sistema nervoso somático, todas as vias mo envolvem somente um neurônio motor que parte do SNC, faz sinapse diretamente com um músculo esquelético e secreta somente ACh.

A Figura 11.1 e o Quadro 11.1 apresentam um resumo principais diferenças entre os sistemas nervosos somático e a nomo.

Estrutura do Sistema Nervoso Autônomo

Objetivo: *Identificar as características estruturais do sistema voso autônomo.*

Vias Motoras Autônomas

As vias motoras autônomas envolvem dois neurônios motores. estende-se do SNC a um gânglio; o outro, do gânglio ao ef (músculo ou glândula).

O primeiro neurônio motor em uma via autônoma é de minado ***neurônio pré-ganglionar*** (Figura 11.1b). Seu co celular está no encéfalo ou na medula espinal. Seu axô mielinizado, denominado ***fibra pré-ganglionar***, sai do SNC co constituinte de um nervo craniano ou espinal. A fibra vai até gânglio autônomo, onde faz sinapse com o segundo neurônio mo denominado neurônio pós-ganglionar.

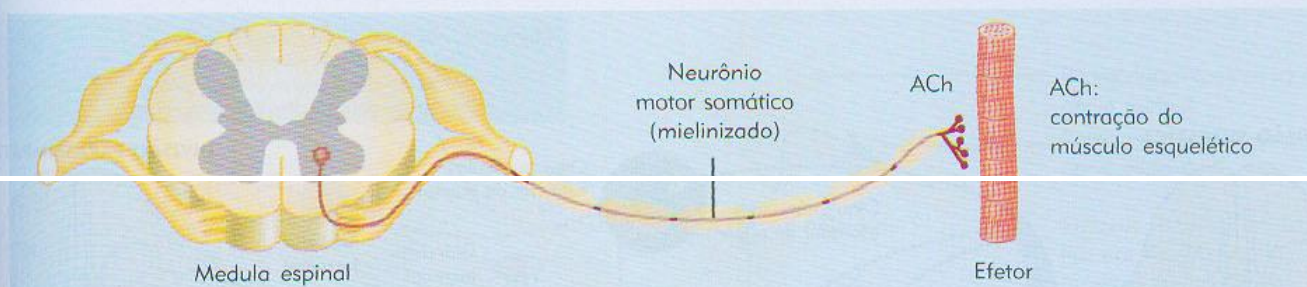
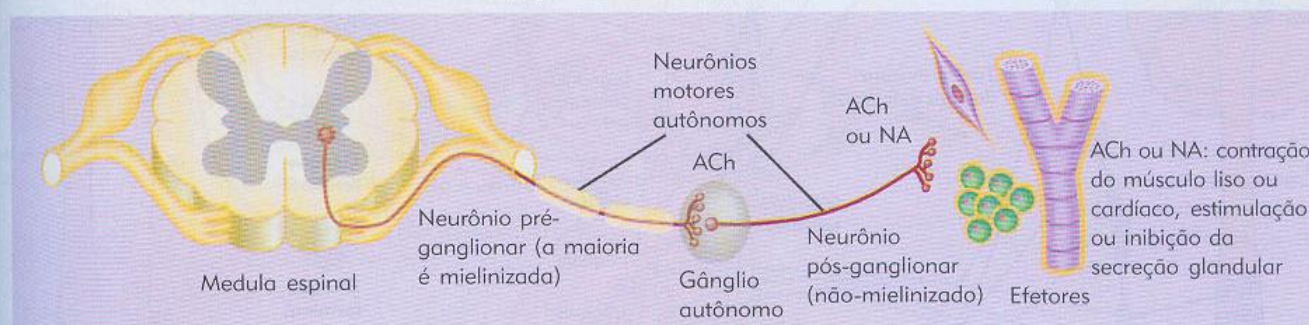
O ***neurônio pós-ganglionar*** situa-se totalmente fora SNC. Seu corpo celular e dendritos estão localizados no gân autônomo, onde ocorre a sinapse com uma ou mais fibras p ganglionares. O axônio de um neurônio pós-ganglionar, deno nado ***fibra pós-ganglionar***, é desmielinizado e termina em efetor visceral.

Assim, os neurônios pré-ganglionares conduzem impul motores do SNC aos gânglios autônomos. Os neurônios p ganglionares retransmitem impulsos motores dos gânglios au nomos aos efetores viscerais.

Neurônios Pré-ganglionares

A divisão simpática também é denominada ***divisão toracolo bar***, pois os neurônios pré-ganglionares têm seus corpos celula nos segmentos torácicos e lombares (T1 a L2) da medula espi (Figura 11.2). A divisão parassimpática também é denomin ***divisão craniossacral***, pois os corpos celulares dos neurôn pré-ganglionares estão localizados nos núcleos dos nervos crania ***III, VII, IX*** e ***X*** no tronco do encéfalo, e nos segmentos sac (S2, S3 E S4) da medula espinal.

Figura 11.1 Comparação dos sistemas nervosos somático e autônomo.

No sistema nervoso somático, a estimulação de um músculo esquelético é sempre excitatória; no sistema nervoso autônomo, os efetores viscerais podem ser excitados ou inibidos.

(a) Sistema nervoso somático

(b) Sistema nervoso autônomo

O que significa inervação dupla?

Gânglios Autônomos

As vias autônomas sempre incluem os ***gânglios autônomos***, onde as sinapses entre as fibras motoras viscerais ocorrem. Os gânglios autônomos podem ser divididos em três grupos:

Os ***gânglios do tronco simpático*** ficam de cada lado da coluna vertebral (gânglios paravertebrais), da base do crânio ao cóccix (Figura 11.3). Eles recebem fibras pré-ganglionares somente da divisão simpática (veja a Figura 11.2). Devido a isto, as fibras pré-ganglionares simpáticas tendem a ser curtas.

Os ***gânglios pré-vertebrais*** (Figura 11.3) situam-se anteriormente à coluna vertebral e junto às grandes artérias abdominais, das quais os nomes dos gânglios são derivados. Exemplos são o gânglio celíaco, o gânglio mesentérico superior e o gânglio mesentérico inferior (veja a Figura 11.2). Os gânglios pré-vertebrais também recebem fibras pré-ganglionares da *divisão simpática*.

As fibras pré-ganglionares da *divisão parassimpática* fazem sinapse no terceiro tipo de gânglios autônomos, os ***gânglios terminais*** (veja Figura 11.2). Os gânglios deste grupo estão localizados no fim de uma via motora visceral, muito próximos aos efetores viscerais ou dentro de suas paredes. Por isso, as fibras pré-ganglionares parassimpáticas tendem a ser longas (veja a Figura 11.2).

Neurônios Pós-ganglionares

Os axônios dos neurônios pré-ganglionares da divisão simpática podem (1) fazer sinapse com os neurônios pós-ganglionares nos gânglios do tronco simpático ou (2) continuar, sem fazer sinapse, atravessando os gânglios do tronco simpático até um gânglio pré-vertebral, e faz sinapse com os neurônios pós-ganglionares (veja a

Quadro 11.1 Comparação dos Sistemas Nervosos Somático e Autônomo

	SOMÁTICO	AUTÔNOMO
Efetores	Músculos esqueléticos.	Músculo cardíaco, músculo liso, epitélio glandular.
Tipo de controle	Voluntário.	Involuntário.
Via nervosa	Um neurônio motor estende-se do SNC e faz sinapse diretamente com um músculo esquelético.	Um neurônio motor estende-se do SNC e faz sinapse com outro neurônio motor em um gânglio; o segundo neurônio motor faz sinapse com um efetor visceral.
Ação sobre o efetor	Sempre excitatória.	Pode ser excitatória ou inibitória.
Neurotransmissores	Acetilcolina.	Acetilcolina ou norepinefrina.

Figura 11.2 Estrutura do sistema nervoso autônomo.

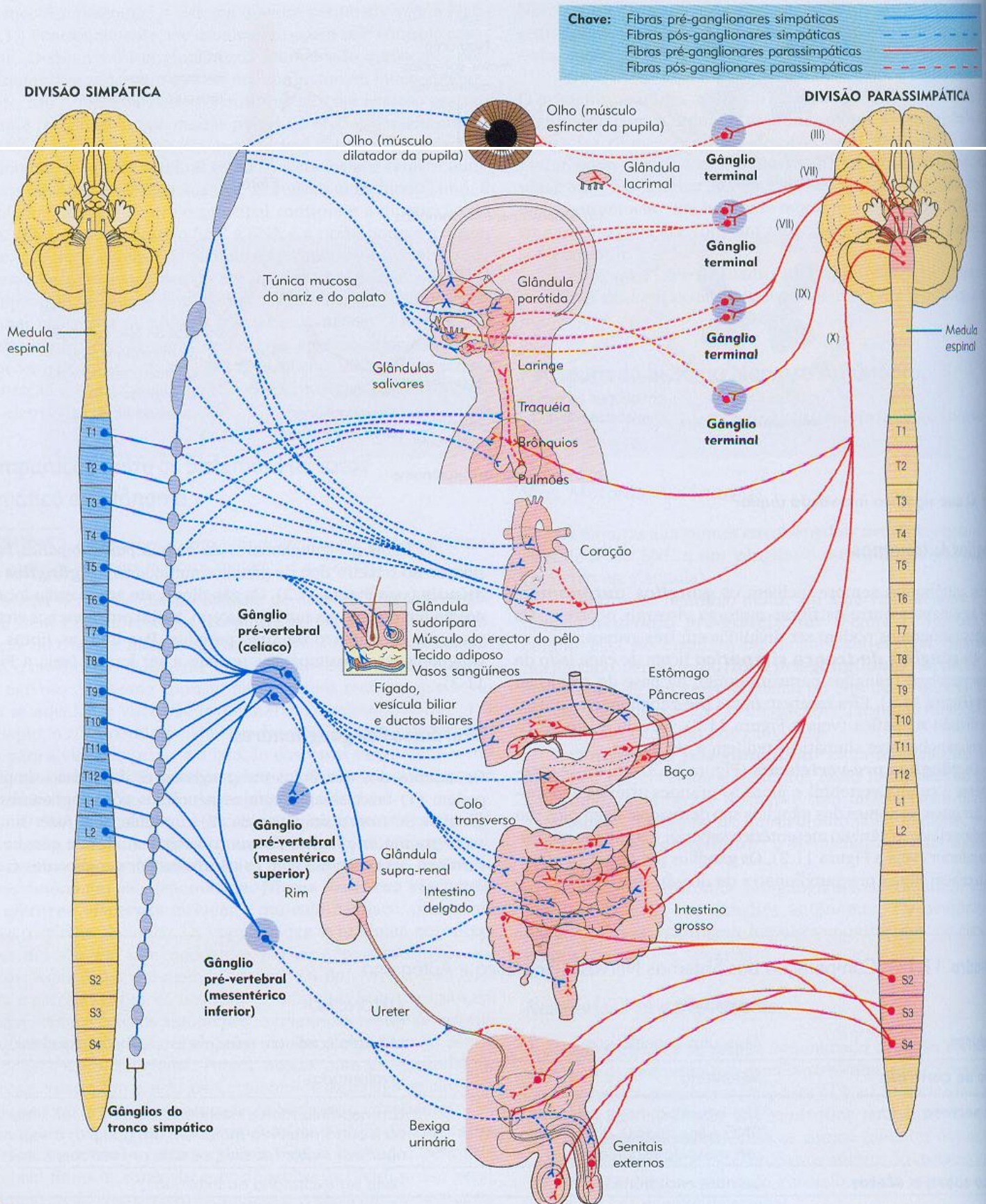
Em uma via motora autônoma, um neurônio pré-ganglionar faz sinapse com um neurônio pós-ganglionar em um gânglio autônomo.

Que divisão possui as fibras pré-ganglionares mais longas, e por quê?

Figura 11.3 Gânglios da divisão simpática do sistema nervoso autônomo.

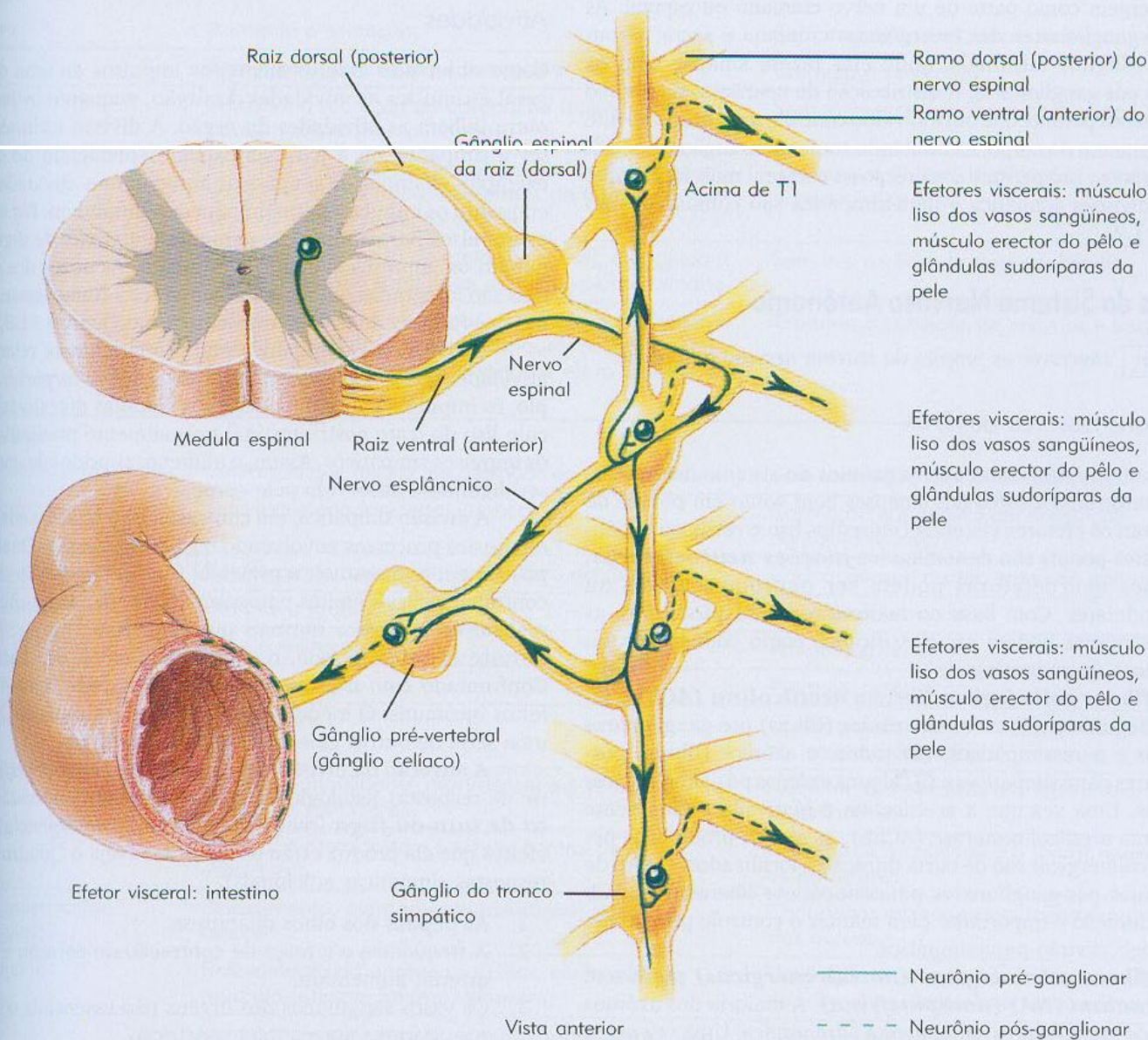
Enquanto os gânglios do tronco simpático e os gânglios pré-vertebrais estão associados com a divisão simpática, os gânglios terminais estão associados à divisão parassimpática.

Quais são os três tipos de gânglios autônomos?

Figura 11.3). Cada fibra pré-ganglionar simpática faz sinapse com muitos neurônios pós-ganglionares no gânglio, e as fibras pós-ganglionares seguem para vários efetores viscerais. Após sair de seus gânglios, as fibras pós-ganglionares inervam seus efetores viscerais.

Os axônios de neurônios pré-ganglionares da divisão parassimpática seguem aos gânglios terminais, próximos a/ou na parede de um efetor visceral. No gânglio, a fibra pré-ganglionar freqüentemente faz sinapse com quatro ou cinco neurônios pós-ganglionares, que terminam em um único efetor visceral. Após sair de seus gânglios, as fibras pós-ganglionares suprem seus efetores viscerais.

Com isso em mente, podemos agora examinar algumas características estruturais específicas das divisões simpática e parassimpática.

Divisão Simpática

As fibras pré-ganglionares são mielínicas e saem da medula espinal através da raiz ventral (anterior) de um nervo espinal. Após saírem, passam ao gânglio do tronco simpático mais próximo e do mesmo lado. Uma fibra pré-ganglionar pode terminar (fazer sinapse) de vários modos mas, na maioria dos casos, a sinapse será com 20 ou mais corpos celulares de neurônios pós-ganglionares, em um gânglio. Freqüentemente, as fibras pós-ganglionares terminam em órgãos do corpo amplamente separados. Assim, um impulso que se inicia em um único neurônio pré-ganglionar pode atingir vários efetores viscerais. Por esta razão, a maioria das respostas simpáticas possui efeitos disseminados no corpo.

Divisão Parassimpática

Os corpos celulares dos neurônios pré-ganglionares da divisão parassimpática são encontrados em núcleos no tronco do encéfalo e nos segmentos sacrais da medula espinal (veja a Figura 11.2). Suas fibras emergem como parte de um nervo craniano ou espinal. As fibras pré-ganglionares das emergências craniana e sacral terminam em gânglios terminais, onde elas fazem sinapse com os neurônios pós-ganglionares. A distribuição de neurônios na divisão parassimpática permite que um indivíduo controle mais precisamente o funcionamento do corpo, estimulando somente os órgãos específicos necessários; isto permite uma resposta corporal mais localizada.

As divisões simpática e parassimpática são comparadas no Quadro 11.2.

Funções do Sistema Nervoso Autônomo

Objetivo: *Descrever as funções do sistema nervoso autônomo.*

Neurotransmissores do SNA

As fibras autônomas, como outros axônios do sistema nervoso, liberam neurotransmissores nas sinapses bem como em pontos de contato com os efetores viscerais (músculos liso e cardíaco e glândulas). Estes pontos são denominados ***junções neuroefetoras***. As junções neuroefetoras podem ser neuromusculares ou neuroglandulares. Com base no neurotransmissor produzido, as fibras autônomas podem ser classificadas como colinérgicas ou adrenérgicas (noradrenérgicas).

As ***fibras colinérgicas*** liberam ***acetilcolina (ACh)*** e incluem as seguintes: (1) todos os axônios (fibras) pré-ganglionares simpáticos e parassimpáticos, (2) todos os axônios (fibras) pós-ganglionares parassimpáticos e (3) alguns axônios pós-ganglionares simpáticos. Uma vez que a acetilcolina é inativada rapidamente pela enzima acetilcolinesterase (AChE), os efeitos produzidos pelas fibras colinérgicas são de curta duração e localizados. O fato de os neurônios pós-ganglionares parassimpáticos liberarem a ACh de curta duração é importante para manter o controle preciso necessário pela divisão parassimpática.

As ***fibras adrenérgicas (noradrenérgicas)*** produzem ***noradrenalina (NA) (norepinefrina)***. A maioria dos axônios (fibras) pós-ganglionares simpáticos é adrenérgica. Uma vez que a noradrenalina é inativada muito mais lentamente que a acetilcolina e uma vez que a noradrenalina pode penetrar na corrente sangüínea, os efeitos da estimulação simpática são de duração mais longa e mais disseminados que a estimulação parassimpática. É importante para os neurônios pós-ganglionares simpáticos liberarem NA, de modo que os órgãos são estimulados por tempo suficiente para o indivíduo lidar com uma emergência.

Atividades

Como observado anteriormente, os impulsos de uma divisão em geral estimulam as atividades do órgão, enquanto os impulsos de outra inibem as atividades do órgão. A divisão estimulante pode ser a simpática ou a parassimpática, dependendo do órgão. Por exemplo, os impulsos simpáticos aumentam a atividade cardíaca, enquanto os impulsos parassimpáticos a diminuem. Por outro lado, os impulsos parassimpáticos aumentam a atividade digestiva, enquanto os impulsos simpáticos a inibem. As ações dos dois sistemas são integradas para auxiliar a manter a homeostase. Um resumo das funções do SNA é apresentado no Quadro 11.3.

A divisão parassimpática está primariamente relacionada às atividades que *conservam e restauram a energia corporal*. Por exemplo, os impulsos parassimpáticos às glândulas digestivas e ao músculo liso do trato gastrintestinal normalmente predominam sobre os impulsos simpáticos. Assim, o alimento supridor de energia pode ser digerido e absorvido pelo corpo.

A divisão simpática, em contraste, está relacionada primariamente aos processos envolvendo o *gasto de energia*. Quando o corpo está em homeostase, a principal função da divisão simpática é contrabalançar os efeitos parassimpáticos apenas o suficiente para realizar os processos normais que requerem energia. Durante o estresse extremo, porém, o simpático domina o parassimpático. Confrontado com o estresse, o corpo torna-se alerta e capaz de feitos incomuns. O medo estimula a divisão simpática, bem como uma série de outras emoções e atividades físicas.

A ativação da divisão simpática coloca em operação uma série de respostas fisiológicas coletivamente denominadas ***resposta de luta-ou-fuga*** (reação de alarme de emergência). Entre os efeitos que ela produz estão os seguintes (veja o Quadro 11.3 para respostas simpáticas adicionais):

1. As pupilas dos olhos dilatam-se.
2. A freqüência e a força de contração do coração e a pressão arterial aumentam.
3. Os vasos sangüíneos dos órgãos não-essenciais como a pele e as vísceras apresentam constrição.
4. Os vasos sangüíneos dos órgãos envolvidos na luta contra o perigo – músculos esqueléticos, músculo cardíaco, encéfalo

Quadro 11.2 Características Estruturais das Divisões Simpática e Parassimpática

SIMPÁTICO	PARASSIMPÁTICO
Contém gânglios do tronco simpático e pré-vertebrais.	Contém gânglios terminais.
Os gânglios estão junto ao SNC e distantes dos efetores viscerais.	Os gânglios estão próximos a ou na parede dos efetores viscerais.
Cada fibra pré-ganglionar é curta e faz sinapse com muitos neurônios pós-ganglionares que seguem para muitos efetores viscerais.	Cada fibra pré-ganglionar é longa e freqüentemente faz sinapse com poucos neurônios pós-ganglionares que seguem para um único efetor visceral.
Distribuído ao longo de todo o corpo, incluindo a pele.	Distribuição limitada primariamente à cabeça e às vísceras do tórax, do abdome e da pelve.

Quadro 11.3 Atividades do Sistema Nervoso Autônomo

EFETOR VISCERAL	EFEITO DA ESTIMULAÇÃO SIMPÁTICA	EFEITO DA ESTIMULAÇÃO PARASSIMPÁTICA
Glândulas		
Sudorípara	Aumenta a secreção.	Sem inervação funcional conhecida.
Lacrimal	Sem inervação funcional conhecida.	Estimula a secreção.
Supra-renal	Promove a secreção de adrenalina (epinefrina) e noradrenalina (norepinefrina).	Sem inervação funcional conhecida.
Fígado	Promove a quebra do glicogênio do fígado em glicose, a conversão dos não-carboidratos do fígado em glicose, e diminui a secreção de bile.	Promove a síntese de glicogênio; aumenta a secreção de bile.
Rim	Estimula a secreção de renina (enzima), que ajuda a elevar a pressão sangüínea, reduz o volume urinário.	Sem inervação funcional conhecida.
Pâncreas	Inibe a secreção de enzimas e insulina (hormônio que abaixa o nível de açúcar do sangue); promove a secreção de glucagon (hormônio que eleva o nível de açúcar no sangue).	Promove a secreção de enzimas e insulina.
Músculo liso		
Músculo dilatador da pupila	Contração que resulta em dilatação da pupila (midríase).	Sem inervação funcional conhecida.
Músculo esfincter da pupila	Sem inervação funcional conhecida.	Contração que resulta em constrição da pupila (miose).
Músculo ciliar do olho	Relaxamento que resulta em visão à distância.	Contração que resulta em visão para perto.
Glândulas salivares	Diminui a secreção.	Estimula a secreção.
Glândulas gástricas	Inibe a secreção.	Promove a secreção.
Glândulas intestinais	Inibe a secreção.	Promove a secreção.
Vesícula biliar e ductos biliares	Relaxamento.	Contração: aumenta a liberação de bile no intestino delgado.
Estômago	Diminui a motilidade (movimento) e o tônus; contrai os esfincteres.	Aumenta a motilidade e o tônus; relaxa os esfincteres.
Intestinos	Diminui a motilidade e o tônus; contrai os esfincteres.	Aumenta a motilidade e o tônus; relaxa os esfincteres.
Pulmões (músculo liso dos brônquios)	Relaxamento: alargamento (dilatação) das vias aéreas.	Contração: estreitamento (constrição) das vias aéreas.
Bexiga urinária	Relaxamento da parede muscular; contração do músculo esfincter interno da uretra.	Contração da parede muscular; relaxamento do músculo esfincter interno da uretra.
Baço	Contração e descarga do sangue armazenado para a circulação geral.	Sem inervação funcional conhecida.
Eretor do pêlo dos folículos pilosos	Contração que resulta na ereção dos pêlos.	Sem inervação funcional conhecida.
Útero	Inibe a contração do útero não-gravídico; estimula a contração do útero gravídico.	Efeito mínimo.
Órgãos genitais	Em homens, produz a ejaculação.	Vasodilatação e ereção em ambos os sexos.
Músculo cardíaco		
Coração	Aumenta a freqüência e a força da contração.	Diminui a freqüência e a força da contração.

e pulmões – dilatam-se para permitir o fluxo mais rápido do sangue.
5. Os bronquíolos (tubos aéreos pequenos que conduzem o ar para dentro e para fora dos pulmões) dilatam-se para fornecer mais oxigênio aos músculos para a produção de energia.
6. O nível de açúcar no sangue sobe à medida que o glicogênio hepático se converte em glicose para energia extra.
7. As glândulas supra-renais produzem adrenalina e noradrenalina para intensificar e prolongar os efeitos simpáticos já descritos.
8. Os processos não-essenciais para se opor ao estresse são inibidos; por exemplo, os movimentos musculares do trato gastrintestinal e as secreções digestivas tornam-se lentos ou cessam.

foco no bem-estar

Estresse e Saúde: Personalidade e Percepção

Estresse demais. Todos já tivemos esta sensação. Algumas vezes, ela é sentida como um aperto na garganta, um estômago revolvido ou dentes cerrados. A respiração torna-se superficial e mais rápida. A tensão muscular aumenta e desenvolvemos cefaléia e dor no dorso, na nuca e nos ombros. Sentimo-nos desatentos e não conseguimos nos concentrar. Nossos pensamentos vão rapidamente de uma coisa para outra e então de volta à anterior, sem resolução. Corremos cada vez mais rápido apenas para permanecer no mesmo lugar, na "esteira" da vida. Uma vez que o estresse causa sensações tão ruins, as pessoas freqüentemente se perguntam se o estresse é de fato nocivo à sua saúde.

O Estresse Pode Causar Doenças?

A preocupação referente aos efeitos do estresse crônico sobre a saúde física e mental não é nova. No século V a.C., Hipócrates, que tem sido chamado o pai da Medicina, aconselhava os estudantes de Medicina a considerarem os fatores emocionais no seu diagnóstico e no tratamento das doenças. Aristóteles, o filósofo e cientista grego, acreditava que o corpo e a alma eram inseparáveis, e que as emoções desempenhavam um papel importante na saúde e na doença. Através da história, as pessoas têm observado que os tempos difíceis e a má saúde freqüentemente andam lado a lado. Ouvimos falar de pessoas que adoecem e morrem logo após a perda do cônjuge. Vemos parentes e amigos de meia-idade vivendo estilos de vida de alta pressão que desenvolvem doença cardíaca. E, quando ocorrências ruins surgem no horizonte, dizemos que estamos "doentes de preocupação".

O estresse pode causar doença. Mas a relação entre o estresse e a morte não é simples. Uma certa quantidade ou tipo de estresse não causa automaticamente uma dada condição de saúde. O impacto do estresse sobre a saúde é mediado por uma série de importantes variáveis genéticas, ambientais e de personalidade.

As pessoas respondem ao estresse de muitas formas diferentes. Algumas pessoas têm uma tolerância muito elevada e mesmo apreciam uma vida em alta velocidade; elas procuram situações cheias de exigências desafiadoras. Outras estão mais confortáveis com um ritmo mais lento. Porém, cada um de nós parece ter nosso próprio "calcanhar de Aquiles", nossa própria área especial de vulnerabilidade em que o excesso de estresse manifesta-se fisicamente e psicologicamente. À medida que nos observamos ao longo do tempo, começamos a compreender nossas próprias tolerâncias pessoais. Podemos então utilizar nossas vulnerabilidades físicas e psicológicas como "barômetros de estresse" para nos alertar quando precisamos verificar as fontes de estresse, de modo a lidar com as demandas e readquirir nosso equilíbrio. De outro modo, os sintomas leves podem piorar com o tempo e transformar-se em um importante problema de saúde.

É o Pensamento que Conta

A pesquisa mostra que a percepção é um dos mediadores mais importantes da relação estresse-doença, pois nossas respostas emocionais e físicas ao estresse variam com nossas percepções. Por exemplo, se percebemos que uma situação estressante está totalmente fora de nosso controle, sentimo-nos desamparados e sem esperança. Estes sentimentos estão fortemente associados aos efeitos negativos sobre a saúde. Porém, se percebemos que ao menos temos algumas opções para escolher ao manejar uma situação estressante, sentimos um raio de esperança, uma resposta estressante menos lesiva e menos efeitos negativos sobre a saúde.

Os pesquisadores descobriram que emoções como a raiva e a hostilidade são especialmente nocivas à nossa saúde. Sensações de isolamento e alienação também demonstraram fortes associações com conseqüências negativas à saúde. As pessoas que conseguem evitar adoecer apesar da grande quantidade de estresse são muito mais aptas a encarar as fontes de estresse como desafios, e abordar as tarefas com um olhar otimista e uma sensação de controle. Elas procuram outras pessoas para obter ajuda e apoio emocional, melhor ainda divertem-se mais.

Pensamento Crítico

Considere a ativação simpática conhecida como resposta de luta-ou-fuga (reação de alarme) descrita neste capítulo. Discuta como a superativação crônica dessa resposta poderia ser nociva à saúde.

Apenas pensar sobre algo estressante pode ativar a resposta de luta-ou-fuga? Por quê?

Resumo dos Estudos

Comparação dos Sistemas Nervosos Somático e Autônomo (p. 250)

1. O sistema nervoso somático comanda o movimento consciente dos músculos esqueléticos.
2. O sistema nervoso autônomo regula as atividades viscerais, isto é, as atividades do músculo liso, do músculo cardíaco e das glândulas, e usualmente opera sem controle consciente.
3. O SNA é regulado por centros no encéfalo, em particular, pelo córtex cerebral e pelo hipotálamo.
4. Um único neurônio motor somático une o SNC aos músculos esqueléticos; no SNA, existem dois neurônios motores – um do SNC ao gânglio, e um do gânglio ao efetor visceral.
5. Os neurônios motores somáticos liberam acetilcolina (ACh) e os neurônios motores autônomos liberam acetilcolina ou noradrenalina (NA).

Estrutura do Sistema Nervoso Autônomo (p. 250)

1. O SNA consiste de neurônios motores viscerais organizados em nervos, gânglios e plexos.
2. Ele é totalmente motor. Todos os axônios autônomos são fibras motoras.
3. Os neurônios motores são pré-ganglionares (com axônios mielínicos) e pós-ganglionares (com axônios amielínicos).
4. O sistema nervoso autônomo consiste de duas divisões principais: simpática e parassimpática.
5. Os gânglios autônomos são classificados como gânglios do tronco simpático (lateralmente à coluna vertebral), gânglios pré-vertebrais (anteriormente à coluna vertebral) e gânglios terminais (na proximidade ou na parede dos efetores viscerais).

Funções do Sistema Nervoso Autônomo (p. 254)

1. As fibras autônomas liberam neurotransmissores nas sinapses. Com base no neurotransmissor produzido, essas fibras podem ser classificadas como colinérgicas ou adrenérgicas (noradrenérgicas).
2. As fibras colinérgicas liberam acetilcolina (ACh). As fibras noradrenérgicas liberam noradrenalina (NA).
3. As respostas simpáticas são disseminadas (amplas) e, em geral, relacionadas à gasto de energia. As respostas parassimpáticas são restritas e tipicamente relacionadas à restauração e conservação de energia.

Auto-avaliação

1. Comparando o sistema nervoso somático ao sistema nervoso autônomo, qual das seguintes afirmativas é verdadeira?
   a. O sistema nervoso autônomo controla o movimento involuntário no músculo esquelético b. O sistema nervoso somático controla o movimento voluntário nas glândulas e músculo liso c. O sistema nervoso autônomo comanda o movimento voluntário no músculo liso e nas glândulas d. O sistema nervoso autônomo controla o movimento involuntário no músculo liso, nas vísceras e nas glândulas e. O sistema nervoso somático controla o movimento involuntário no músculo liso, nas vísceras e glândulas
2. O controle e a integração principais do sistema nervoso autônomo ocorrem em que parte do sistema nervoso central?
   a. medula espinal b. tronco do encéfalo c. núcleos da base d. cerebelo e. hipotálamo
3. Os neurônios no sistema nervoso autônomo incluem
   a. dois neurônios motores e um gânglio b. um neurônio motor e dois gânglios c. dois neurônios motores e dois gânglios d. um neurônio motor e um sensorial, sem gânglios e. um neurônio motor, um neurônio sensitivo e um gânglio
4. Qual dos seguintes seria considerado um efeito da estimulação parassimpática?
   a. pressão sangüínea aumentada b. freqüência cardíaca aumentada c. síntese aumentada de glicogênio a partir da glicose d. constrição aumentada de alguns vasos sangüíneos e. dilatação das pupilas dos olhos
5. Qual destas afirmativas sobre a divisão parassimpática do sistema nervoso autônomo não é verdadeira? A divisão parassimpática
   a. Origina-se do encéfalo e dos segmentos sacrais da medula espinal b. está relacionada com a conservação e restauração de energia c. utiliza acetilcolina como neurotransmissor d. tem gânglios na proximidade ou na parede dos efetores viscerais e. resulta na resposta de luta-ou-fuga (reação de alarme)
6. Qual das seguintes opções não é verdadeira sobre o sistema nervoso autônomo?
   a. As respostas simpáticas geralmente são disseminadas pelo corpo b. A divisão autônoma é totalmente motora c. As respostas parassimpáticas geralmente são efeitos locais d. Os neurônios sensitivos incluem fibras pré e pós-ganglionares e. A maioria dos efetores viscerais possui inervação dupla
7. Verdadeiro/Falso.
   ____ a. O SNA inclui fibras sensitivas e motoras
   ____ b. Os efeitos do sistema nervoso simpático normalmente estão relacionados ao gasto de energia
   ____ c. As respostas de luta-ou-fuga (reação de alarme) estão associadas à divisão simpática do sistema nervoso autônomo
   ____ d. As duas divisões principais do sistema nervoso autônomo incluem a simpática e a não-simpática
8. Qual das seguintes alternativas NÃO está pareada corretamente?
   a. adrenérgica-noradrenalina b. colinérgica-acetilcolina c. adrenérgica-fibra pós-ganglionar simpática d. colinérgica-fibra pós-ganglionar parassimpática e. adrenérgica-todas as fibras pré-ganglionares.
9. Os gânglios autônomos associados à divisão parassimpática são
   a. gânglios do tronco simpático b. gânglios pré-vertebrais c. gânglios da raiz dorsal d. gânglios terminais e. núcleos da base

Aplicação do Pensamento Crítico

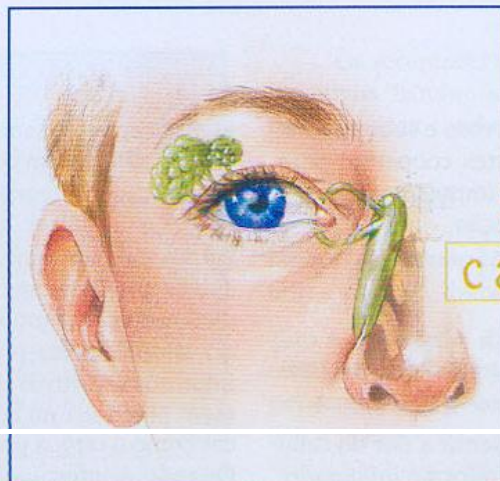
1. O salto de paraquedas, de asa delta e de esqui pode matá-lo ou dar-lhe uma grande descarga de adrenalina. Como estas atividades causam este tipo de efeito fisiológico?
2. É Natal e você acaba de comer um enorme peru no jantar, com todos os acompanhamentos. Agora, você vai assistir a um jogo de futebol – na televisão. Que divisão do sistema nervoso estará operando as atividades de seu corpo após o jantar? Liste vários órgãos e os efeitos da estimulação do sistema nervoso sobre suas funções.
3. A condição da "hipertensão do avental branco" é caracterizada por um aumento significativo na pressão sangüínea de um paciente todas as vezes que ele vê um profissional de saúde usando um avental branco. Que divisão do sistema nervoso é responsável pelo aumento na pressão sangüínea? Como isto acontece?
4. Jimmy queria um brinquedo no topo da prateleira de madeira para livros, de modo que ele escalou o armário. Sua mãe correu ao ouvir o estrondo e ergueu o armário pesado com um braço enquanto puxava seu filho com o outro. Mais tarde naquele dia, ela não pôde erguer sozinha o armário para colocá-lo no lugar. Como você explica o efeito temporário de "supermãe"?
5. O carro de Ron atropelou um cervo no caminho para o colégio. O animal foi gravemente ferido e o local do acidente ficou muito sujo. Após o acidente, Ron sentiu-se trêmulo e com um pouco de vertigem, suas palmas das mãos estavam suadas e ele se sentiu nauseado. Explique sua resposta física.
6. Seu amigo sugere que você tente praticar ioga ou meditação para melhorar sua atitude e suas notas. Ioga e meditação demonstraram influenciar o sistema nervoso autônomo. Use seu conhecimento do sistema nervoso para explicar o efeito calmante da ioga sobre as funções corporais.

Respostas às Perguntas das Figuras

11.1. Um órgão recebe impulsos das divisões simpática e parassimpática do SNA.

11.2. A maioria das fibras pré-ganglionares parassimpáticas é mais longa que a maioria das fibras pré-ganglionares simpáticas, pois os gânglios parassimpáticos estão nas paredes das vísceras.

11.3. Tronco simpático, pré-vertebral e terminal.

objetivos do aprendizado

Sensibilidade e Sensação

uma visão geral

Tendo examinado a estrutura do sistema nervoso e suas atividades, veremos agora como suas diferentes partes cooperam para receber a informação sensitiva e transmitir impulsos nervosos motores que resultam em movimento ou secreção.

Sensibilidade e Sensação

Objetivo: *Definir sensibilidade e descrever as condições necessárias para que uma sensação ocorra.*

Pense no que aconteceria se você não pudesse sentir a dor do cabo de uma panela quente ou de um apêndice vermiforme inflamado, ou se você não pudesse ver, ouvir, cheirar, degustar ou manter seu equilíbrio. Em suma, se você não pudesse "sentir" seu ambiente e fazer os ajustes homeostáticos necessários, você não poderia sobreviver muito bem por si próprio.

Definição

Sensibilidade refere-se à consciência das condições externas ou internas do corpo (é a propriedade de perceber as modificações do meio). Para que uma sensação (é a impressão física causada) ocorra, quatro condições devem ser satisfeitas.

1. Deve ocorrer um ***estímulo*** ou alteração no ambiente que seja capaz de ativar certos sensitivos sensoriais.
2. Um ***receptor*** ou ***órgão dos sentidos*** deve captar o estímulo e convertê-lo em um impulso nervoso (potencial de ação nervoso) por meio de um potencial gerador (descrito a seguir). Um receptor é uma estrutura nervosa especializada que é extremamente sensível aos estímulos internos ou externos.
3. O impulso nervoso deve ser ***conduzido*** ao longo de uma via nervosa, do receptor para o encéfalo.
4. Uma região do encéfalo deve receber e ***integrar*** o impulso nervoso, determinando a identificação da sensação.

Um estímulo recebido por um receptor pode ser luz, calor, pressão, energia mecânica ou energia química. Quando um estímulo adequado é aplicado a um receptor, ele responde alterando a permeabilidade de sua membrana aos íons pequenos. Isto resulta em uma alteração no potencial de repouso da membrana denominada ***potencial gerador***. Quando o potencial gerador atinge o nível limiar, inicia um impulso nervoso que é transmitido ao longo da fibra nervosa. A função de um potencial gerador é converter um estímulo (tipo de energia) em um impulso nervoso.

Os receptores variam em sua complexidade. Os mais simples são terminações dendríticas livres na pele (por exemplo, os receptores da dor). Outros estão alojados em órgãos complexos dos sentidos, como o olho. Independente da complexidade, todos os receptores contêm os dendritos de neurônios sensitivos, isolados ou em íntima associação com células especializadas de outros tecidos.

Um receptor converte um estímulo em um impulso nervoso, e somente após o impulso ser conduzido a uma região da medula espinhal ou do encéfalo ele poderá ser integrado, determinando a identificação da sensação. A natureza da sensação e o tipo de reação gerada variam com a parte do sistema nervoso central em que a sensação é integrada.

Os impulsos sensitivos que terminam na medula espinhal geram reflexos espinhais sem ação pelo encéfalo. Os impulsos sensitivos que terminam na parte inferior do tronco do encéfalo produzem reações motoras mais complexas. Na parte inferior do tronco do encéfalo, eles produzem reações motoras subconscientes. Os impulsos sensitivos que atingem o tálamo não são bem localizados (sem precisão) no corpo e são relacionados às sensações específicas como o tato, a pressão, a dor, a posição, a audição ou o paladar. Quando a informação sensitiva atinge o córtex cerebral, experimentamos uma localização precisa. É no cortex cerebral que a memória de informação sensitiva anterior é armazenada e que a percepção da sensação ocorre com base na experiência passada.

Características

As sensações conscientes e percepções ocorrem no córtex cerebral. Em outras palavras, você vê, ouve e sente no cérebro. Você parece ver com seus olhos e sentir dor em uma parte lesada de seu corpo, mas é porque o córtex cerebral interpreta a sensação como proveniente do receptor estimulado. ***Projeção*** é o nome do processo pelo qual o cérebro refere as sensações aos seus pontos de estimulação.

Uma segunda característica de muitas sensações é a ***adaptação***, que é uma diminuição na sensibilidade aos estímulos continuados. De fato, a percepção de uma sensação pode realmente desaparecer, mesmo que o estímulo ainda esteja sendo aplicado. Por exemplo, quando você entra em uma banheira de água quente, você sente imediatamente uma sensação de ardência. Porém logo a sensação torna-se um calor confortável, mesmo que o estímulo (água quente) ainda esteja presente e, com o tempo, até a sensação de calor desaparece.

As sensações também são caracterizadas pela ***persistência de imagens***; isto é, algumas sensações persistem mesmo após o estímulo ter sido removido. Isto é o inverso da adaptação. Quando você olha para uma luz brilhante e então olha para outro lado ou fecha seu olhos e ainda vê a luz por vários segundos, você está experimentando a persistência de imagem.

Embora todos os impulsos nervosos sejam idênticos, uma sensação pode ser diferenciada de outra, como a visão do som. ***Modalidade*** refere-se a essa caraterística específica de cada sensação que permite a ela ser diferenciada de outros tipos. Assim, os impulsos nervosos gerados nos olhos são interpretados pelo lobo occipital como visão, enquanto os das orelhas são interpretados pelo lobo temporal como audição.

Classificação dos Receptores

Os receptores são classificados com base na localização, no estímulo detectado e na simplicidade ou na complexidade. O Quadro 12.1 apresenta um sistema direto de classificação; por favor, consulte-o agora.

Quadro 12.1 Classificação dos Receptores

A. Localização

1. **Exteroceptores**. Localizados na proximidade ou na superfície do corpo; fornecem informação sobre o meio *externo*; transmitem sensações de audição, visão, olfato, gosto (paladar), tato, pressão, temperatura e dor.

2. **Interoceptores**. Localizados nos vasos sangüíneos e nas vísceras; fornecem informação sobre o meio *interno*; sensações como dor, pressão, fadiga, fome, sede e náusea originam-se de dentro do corpo.

3. **Proprioceptores**. Localizados nos músculos, nos tendões, nas articulações e na orelha interna; fornecem informação sobre a posição e o movimento do corpo; transmitem informação relacionada à tensão muscular, a posição e a tensão das articulações e ao equilíbrio.

B. Estímulo detectado

1. **Mecanoceptores**. Detectam pressão ou distensão; os estímulos detectados estão relacionados ao tato, à pressão, à propriocepção, à audição, ao equilíbrio e à pressão sangüínea.

2. **Termoceptores**. Detectam alterações na temperatura.

3. **Nociceptores**. Detectam dor, usualmente como resultado de lesão física ou química dos tecidos.

4. **Fotoceptores**. Detectam luz na retina do olho.

5. **Quimioceptores**. Detectam o gosto na boca, o odor no nariz e substâncias químicas como o oxigênio, o dióxido de carbono, a água e a glicose nos líquidos corporais.

C. Simplicidade ou complexidade

1. **Receptores simples**. Estruturas e vias nervosas simples que estão associadas à sensibilidade geral (tato, pressão, calor, frio e dor).

2. **Receptores complexos**. Estruturas e vias nervosas complexas que estão associadas à sensibilidade especial (olfato, gosto [paladar], visão, audição e equilíbrio).

Sensibilidade Geral

Sensibilidade Cutânea

Objetivo: *Listar e descrever as sensações cutâneas.*

As ***sensações cutâneas*** (*cuta* = pele) incluem as sensações táteis (tato e pressão), as sensações térmicas (frio e calor) e de dor. Os receptores para estas sensações estão localizados na pele, no tecido conjuntivo sob a pele e na túnica mucosa na boca e no canal anal.

Os receptores cutâneos estão distribuídos na superfície do corpo de tal modo que algumas áreas são densamente povoadas com receptores e, conseqüentemente, são muito sensíveis (ápice da língua, lábios, extremidade dos dedos, palmas das mãos, plantas dos pés, papila mamária [mamilos] e órgãos genitais externos), enquanto outras áreas contêm somente alguns e são menos sensíveis (dorso da mão e nuca).

Os receptores cutâneos consistem de dendritos de neurônios sensitivos. Lembre-se de que as sensações cutâneas são interpretadas no córtex cerebral do lobo parietal.

Sensação Tátil

Embora as ***sensações táteis*** (*tact* = tato) sejam divididas em tato e pressão, ambas são detectadas por mecanoceptores.

TATO A ***sensação de tato*** provém da estimulação dos receptores táteis na pele ou nos tecidos imediatamente sob a pele. O ***tato protopático*** (***grosseiro***) refere-se à percepção de que algo tocou a pele, embora sua localização exata, forma, tamanho ou textura não possam ser determinados. O ***tato epicrítico*** (***discriminativo***) refere-se à capacidade de reconhecer exatamente que ponto do corpo é tocado.

Os receptores para o tato incluem as terminações nervosas no folículo do pêlo, mecanoceptores cutâneos tipo I e corpúsculos do tato (Figura 12.1). As ***terminações nervosas no folículo do pêlo*** estão localizadas em torno da raiz dos pêlos. Elas detectam movimentos principalmente na superfície do corpo quando os pêlos são perturbados.

Os ***mecanoceptores cutâneos tipo I***, também denominados ***discos táteis ou corpúsculos de Merkel***, fazem contato com o estrato basal. Eles atuam no tato epicrítico (discriminativo). Os ***corpúsculos do tato, ou corpúsculos de Meissner***, são receptores de forma oval que estão localizados nas papilas da derme da pele, especialmente nas extremidades dos dedos, nas palmas das mãos e nas plantas dos pés. Eles também são abundantes nas pálpebras, no ápice da língua, nos lábios, nas papilas mamárias (mamilos), no clitóris e na glande do pênis. Os corpúsculos de Meissner atuam no tato epicrítico (discriminativo).

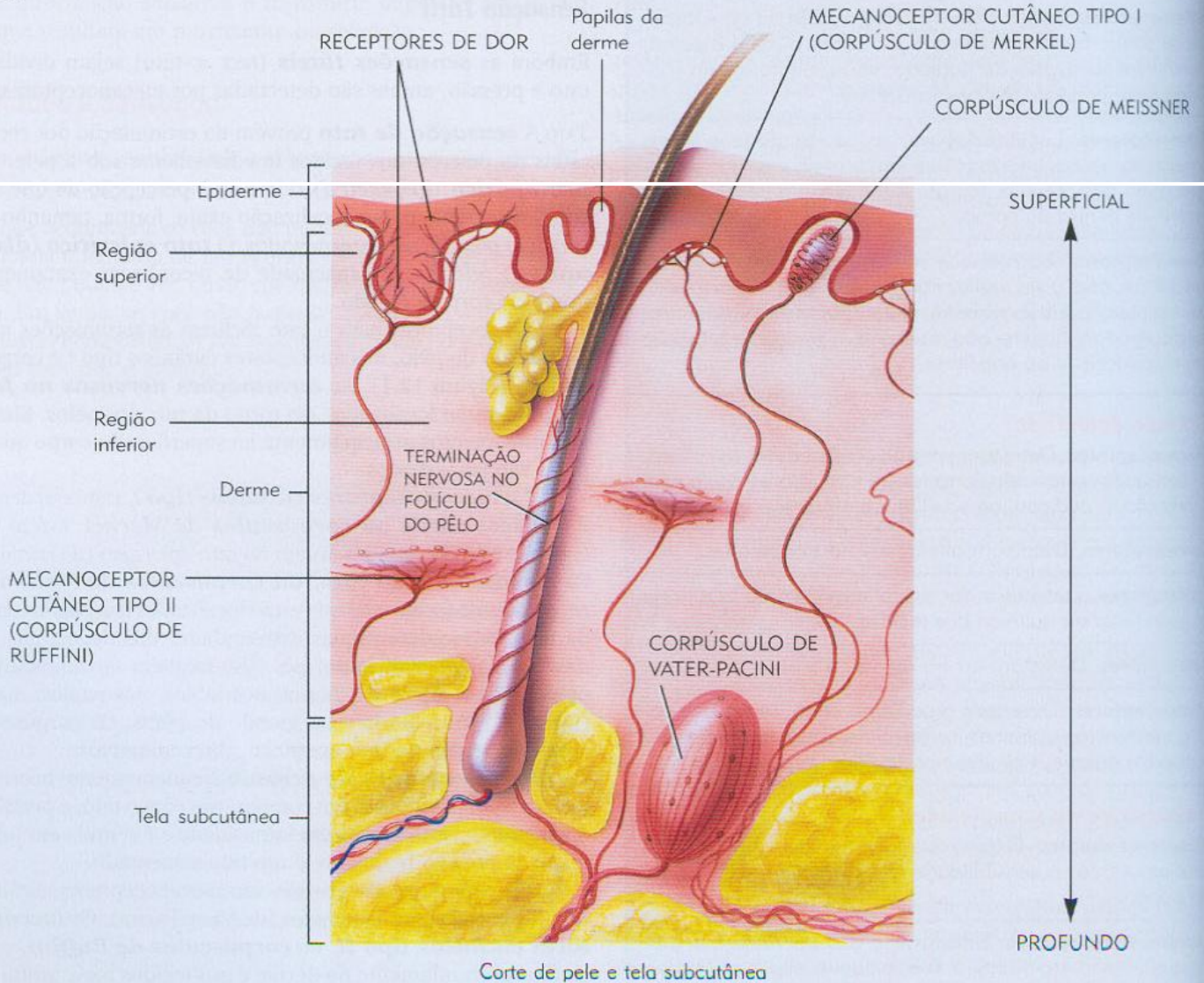
PRESSÃO As ***sensações de pressão*** freqüentemente ocorrem nos tecidos mais profundos. Em comparação com o tato, a pressão dura mais tempo, varia menos em intensidade e é sentida em uma área maior. A pressão realmente é um tato sustentado.

Os receptores de pressão são mecanoceptores cutâneos do tipo II e corpúsculos lamelados (de Vater-Pacini). Os ***mecanoceptores cutâneos tipo II***, ou ***corpúsculos de Ruffini***, estão incluídos profundamente na derme e nos tecidos mais profundos do corpo. Eles detectam o toque intenso e contínuo. Os ***corpúsculos de Vater-Pacini*** (Figura 12.1) estão dispostos em camadas como uma cebola. Eles estão localizados no tecido subcutâneo e em torno das articulações, dos tendões e dos músculos.

Sensação Térmica

As ***sensações térmicas*** (*therm* = calor) são o calor e o frio. Os ***termoceptores*** são terminações nervosas livres. Os termoceptores podem detectar temperaturas baixas de 10°C até elevadas de 45°C. Abaixo de 10°C, os impulsos nervosos não podem ser gerados; por esta razão, o frio é um excelente anestésico. Além disso, abaixo de 10°C, os receptores de dor são mais precisamente estimulados que os receptores de frio, o que produz a sensação de congelamento. Da mesma forma, acima de 45°C, os receptores de dor são mais precisamente estimulados que os termoceptores, produzindo a sensação de ardência. Uma vez que o congelamento e a ardência são sentidos quase da mesma forma, estímulos muito frios podem ser relatados como quentes e vice-versa. Os termoceptores tendem a adaptar-se à estimulação continuada, o que pode levar fa-

Figura 12.1 Estrutura e localização dos receptores cutâneos.

As sensações cutâneas incluem as táteis (tato e pressão), as térmicas (quente e frio) e de dor.

Corte de pele e tela subcutânea

P ***Que receptores são especialmente abundantes nas extremidades dos dedos, palmas das mãos e plantas dos pés?***

cilmente a lesões teciduais devido à queimadura ou ao enregelamento.

Sensação de Dor

A capacidade de perceber a dor é indispensável para uma vida normal, fornecendo informação sobre os estímulos lesivos aos tecidos e, assim, freqüentemente permitindo que nos protejamos de maiores danos. A dor inicia nossa busca por assistência médica, e nossa descrição e indicação da localização da dor pode auxiliar a determinar a causa subjacente da doença.

Os ***receptores de dor***, denominados ***nociceptores*** (*noci* = nocivo), são terminações nervosas livres (Figura 12.1). Os receptores de dor são encontrados em praticamente todos os tecidos do corpo, e respondem a qualquer tipo de estímulo. Quando os estímulos para outras sensações atingem um certo limiar, eles também estimulam os receptores de dor. A estimulação excessiva de um receptor causa dor. Outros estímulos incluem a distensão e[xcessiva] de uma estrutura, as contrações musculares prolongad[as], o fluxo sangüíneo inadequado para um órgão ou a presença [de] certas substâncias químicas.

Durante a irritação ou lesão tecidual, substâncias quím[icas] como as prostaglandinas são liberadas, as quais estimulam os no[ci]ceptores. Isto explica por que a dor persiste mesmo após o trau[ma] inicial ocorrer pois os nociceptores adaptam-se pouco ou nad[a à] presença dessas substâncias, as quais são removidas lentam[ente] dos tecidos após uma lesão. Se houvesse adaptação à dor, ela d[ei]xaria de ser sentida e uma lesão irreparável poderia resultar.

O reconhecimento (identificação) do tipo e da intensid[ade] da maioria das dores ocorre no córtex cerebral. Na maioria d[os] casos de dor somática, o córtex projeta a dor de volta à área e[sti]mulada. Se você queimar seu dedo, sentirá a dor em seu dedo. N[a] maioria dos casos de dor visceral, contudo, a sensação não é pr[oje]tada de volta ao ponto de estimulação. Em vez disso, a dor é s

ida na pele suprajacente ao órgão estimulado ou em uma área perficial distante do órgão estimulado. Este fenômeno é denominado **dor referida.** Ele ocorre pois a área à qual a dor é referida e a víscera envolvida são inervadas pelo mesmo segmento da edula espinhal. Por exemplo, as fibras sensitivas do coração bem mo da pele sobre o coração e do membro superior esquerdo etram nos segmentos da medula espinhal T1 a T5. Portanto, a or de um ataque cardíaco é tipicamente sentida na pele sobre o ração e ao longo do braço esquerdo.

Um tipo de dor freqüentemente experimentado por pacien- es que tiveram um membro amputado é denominado ***dor fan- tasma***. Eles ainda têm sensações como coceira, pressão, formiga- ento ou dor no membro, como se o membro ainda estivesse ali. ma explicação para esse fenômeno é que as porções proximais emanescentes dos nervos sensitivos que anteriormente recebiam pulsos do membro estão sendo estimuladas pelo trauma da mputação. Os estímulos desses nervos são interpretadas pelo cé- ebro como provenientes do membro inexistente (fantasma).

A dor pode ser controlada interferindo com a transmissão do pulso nervoso para o cérebro. Isto pode ser feito por uma série drogas, cirurgia, acupuntura, hipnose, relaxamento, massagem, troalimentação *biológica* e estimulação elétrica diretamente dos ervos afetados ou através da pele sobre aquelas vias nervosas.

ensibilidade Proprioceptiva

Objetivo: *Definir propriocepção e descrever a estrutura dos re- ptores proprioceptivos.*

ma consciência das atividades dos músculos, dos tendões e das ticulações, e do equilíbrio é fornecida pela ***sensibilidade pro- prioceptiva ou cinestésica*** (*kinesis* = movimento). Ela nos infor- ma sobre o grau em que os músculos estão contraídos, a quantida- de tensão nos tendões, a alteração da posição das articulações e posição da cabeça em relação ao solo e em resposta a movimen- os. A propriocepção dá-nos a localização e a velocidade de ovimento de uma parte do corpo em relação às outras, de modo ue podemos caminhar, datilografar ou vestirmo-nos sem utilizar ossos olhos. Ela também nos permite estimar o peso e determinar abalho muscular necessário para realizar uma tarefa. Por exem- lo, é preciso menos trabalho muscular para erguer um saco de enas do que um saco do mesmo tamanho que contém pedras.

A maioria dos proprioceptores adapta-se apenas levemente. sta característica é vantajosa, pois o encéfalo deve ser informado obre o estado das diferentes partes do corpo o tempo todo para que s ajustes possam ser feitos para assegurar a coordenação.

A via sensorial da sensibilidade muscular conduz impulsos rados pelos proprioceptores através dos nervos cranianos e es- inhais até o sistema nervoso central. Os impulsos para a proprio- cepção consciente passam ao longo dos tractos sensitivos na me- dula espinhal, e são retransmitidos à área somatossensitiva primá- ria no lobo parietal do córtex cerebral (giro pós-central). Os im- pulsos proprioceptivos também passam ao cerebelo ao longo dos actos espinocerebelares e contribuem para a propriocepção in- consciente.

eceptores

s receptores proprioceptivos estão localizados nos músculos queléticos, nos tendões, dentro e em torno das articulações noviais e na orelha interna.

FUSOS NEUROMUSCULARES Os ***fusos neuromusculares*** são receptores proprioceptivos delicados entre as fibras musculares esqueléticas. Quando um músculo é distendido, o fuso é distendido e envia um impulso ao SNC, indicando quanto e com que velocidade o músculo está mudando seu comprimento. Dentro do SNC, a informação é integrada para coordenar a atividade muscular.

FUSOS NEUROTENDINOSOS Os ***fusos neurotendinosos*** (***órgãos tendinosos de Golgi***) são encontrados na junção de um tendão com um músculo. Eles protegem os tendões e seus músculos associados da lesão devido à tensão excessiva. Quando a tensão é aplicada a um tendão, os fusos neurotendinosos retransmitem a informação ao sistema nervoso central.

RECEPTORES CINESTÉSICOS ARTICULARES Os ***receptores cinestésicos articulares*** são encontrados dentro e em torno das articulações sinoviais. Eles respondem à pressão, à aceleração e à desaceleração e à distensão excessiva em uma articulação.

MÁCULAS E CRISTAS AMPULARES Os proprioceptores na orelha interna são as máculas e as cristas ampulares. Sua função no equilíbrio é discutida posteriormente no capítulo.

Sensibilidade Especial

As sensações especiais – olfação (gustação), visão, audição e equilíbrio – possuem órgãos receptores que são estruturalmente mais complexos que os receptores para a sensibilidade geral. A sensação do olfato é a menos especializada, e a sensação da visão, a mais especializada. Como as sensações gerais, as sensações especiais permitem-nos detectar alterações em nosso ambiente.

Sensibilidade Olfatória

Objetivo: *Descrever os receptores para olfação e a via olfatória para o encéfalo.*

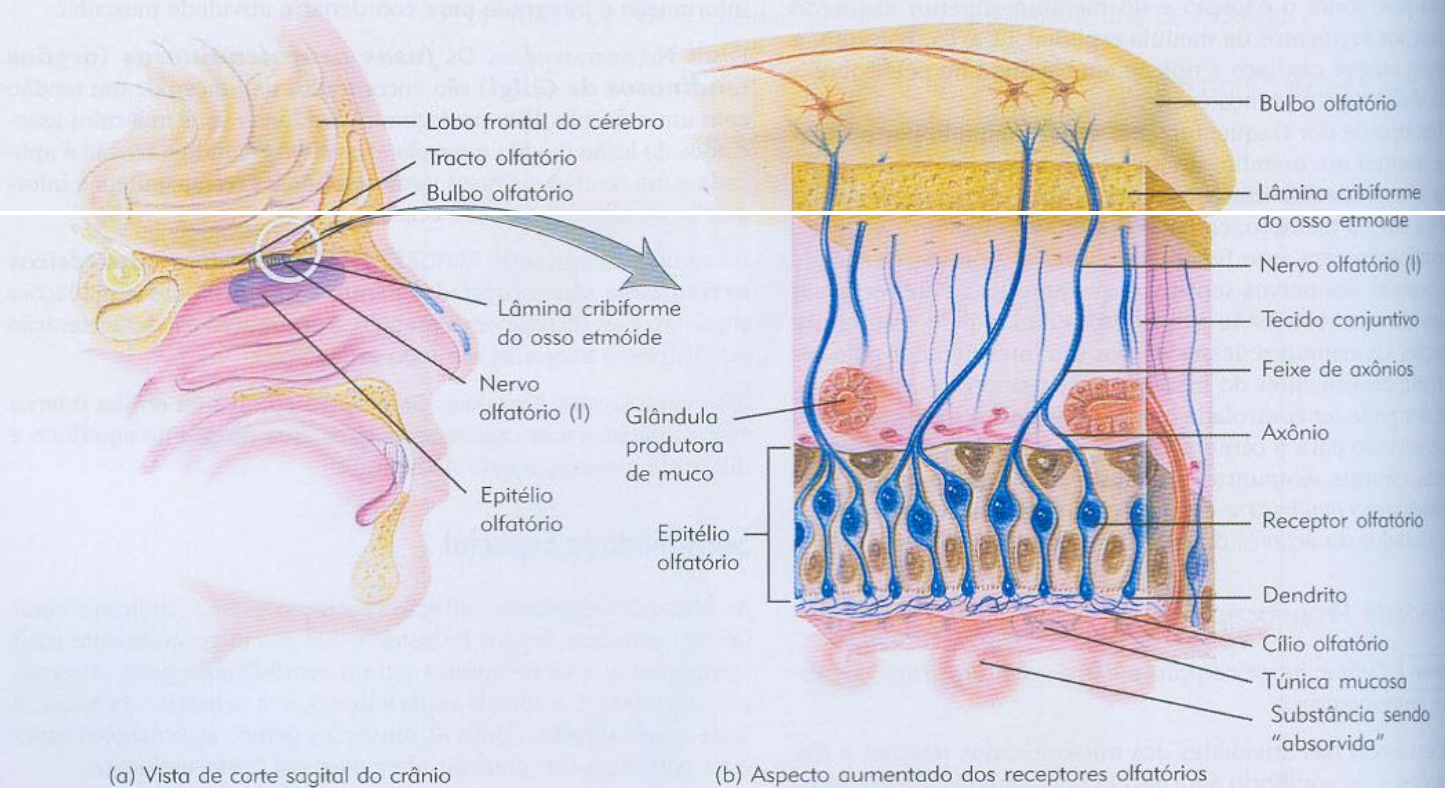
Estrutura dos Receptores

Os receptores para a olfação (*olfact* = odor) estão localizados na porção superior da cavidade do nariz (Figura 12.2). Os ***receptores olfatórios*** são neurônios que contêm um dendrito arredondado em uma extremidade. Vários cílios denominados cílios (***pêlos***) ***olfatórios*** projetam-se do dendrito. Estes cílios reagem aos odores no ar e então estimulam os receptores olfatórios. A extremidade oposta de cada receptor olfatório contém um axônio. Dentro do tecido conjuntivo sob o epitélio olfatório, há glândulas que produzem muco. Este muco umedece a superfície do epitélio olfatório e serve como um solvente para as substâncias odoríferas. A secreção contínua de muco também serve para renovar o filme líquido na superfície e impede a estimulação contínua dos cílios olfatórios pelo mesmo odor.

Estimulação dos Receptores

Para uma substância ser cheirada, ela deve ser capaz de se tornar um gás para que as partículas gasosas possam penetrar pelas narinas. Além disso, a substância deve ser hidrossolúvel para que possa dissolver-se no muco nasal para fazer contato com os receptores olfatórios.

Figura 12.2 Receptores olfatórios. (a) Localização na cavidade nasal. (b) Detalhes.

Os receptores olfatórios são neurônios nos quais uma extremidade contém cílios olfatórios que se projetam de um dendrito arredondado.

(a) Vista de corte sagital do crânio (b) Aspecto aumentado dos receptores olfatórios

Os impulsos do bulbo olfatório passam a quais estruturas?

Finalmente, a substância deve ser lipossolúvel para passar através da membrana plasmática dos cílios olfatórios e iniciar um impulso. Uma vez que a adaptação aos odores é rápida, a situação poderia ser potencialmente perigosa.

Via Olfatória

Os axônios dos receptores olfatórios se unem para formar os ***nervos olfatórios*** (*I*), que passam através de orifícios na lâmina crivosa do osso etmóide (Figura 12.2). Os nervos olfatórios (I) conduzem os impulsos aos ***bulbos olfatórios***, que se localizam sob os lobos frontais do telencéfalo, e então aos ***tractos olfatórios***, que enviam os impulsos à área olfatória primária do córtex cerebral no lobo temporal do telencéfalo. No córtex cerebral, os impulsos são interpretados como odor e originam a sensação do olfato.

Sensibilidade Gustatória

Objetivo: *Descrever os receptores para a gustação e a via gustatória para o encéfalo.*

Estrutura dos Receptores

Os receptores para a gustação (*gust* = sabor), estão localizados nos calículos gustatórios (botões gustativos) (Figura 12.3). Os ***calículos gustatórios*** contêm ***receptores gustatórios***. Cada receptor tem um ***pêlo gustatório*** (microvilosidade) que se projeta na superfície externa através de uma abertura no calículo gustatório denominada ***poro gustatório***.

Os calículos gustatórios são encontrados nas elevações da língua denominadas ***papilas***. As papilas linguais dão ao dorso (superfície superior) da língua seu aspecto rugoso (Figura 12.3a,b). As ***papilas valadas*** estão na porção posterior da língua. As ***papilas fungiformes*** (em forma de cogumelo) estão espalhadas em toda a superfície da língua. Todas as papilas valadas e a maioria das papilas fungiformes contêm calículos gustatórios. As ***papilas filiformes*** também são distribuídas em toda a superfície da língua. Elas raramente contêm calículos gustatórios.

Estimulação dos Receptores

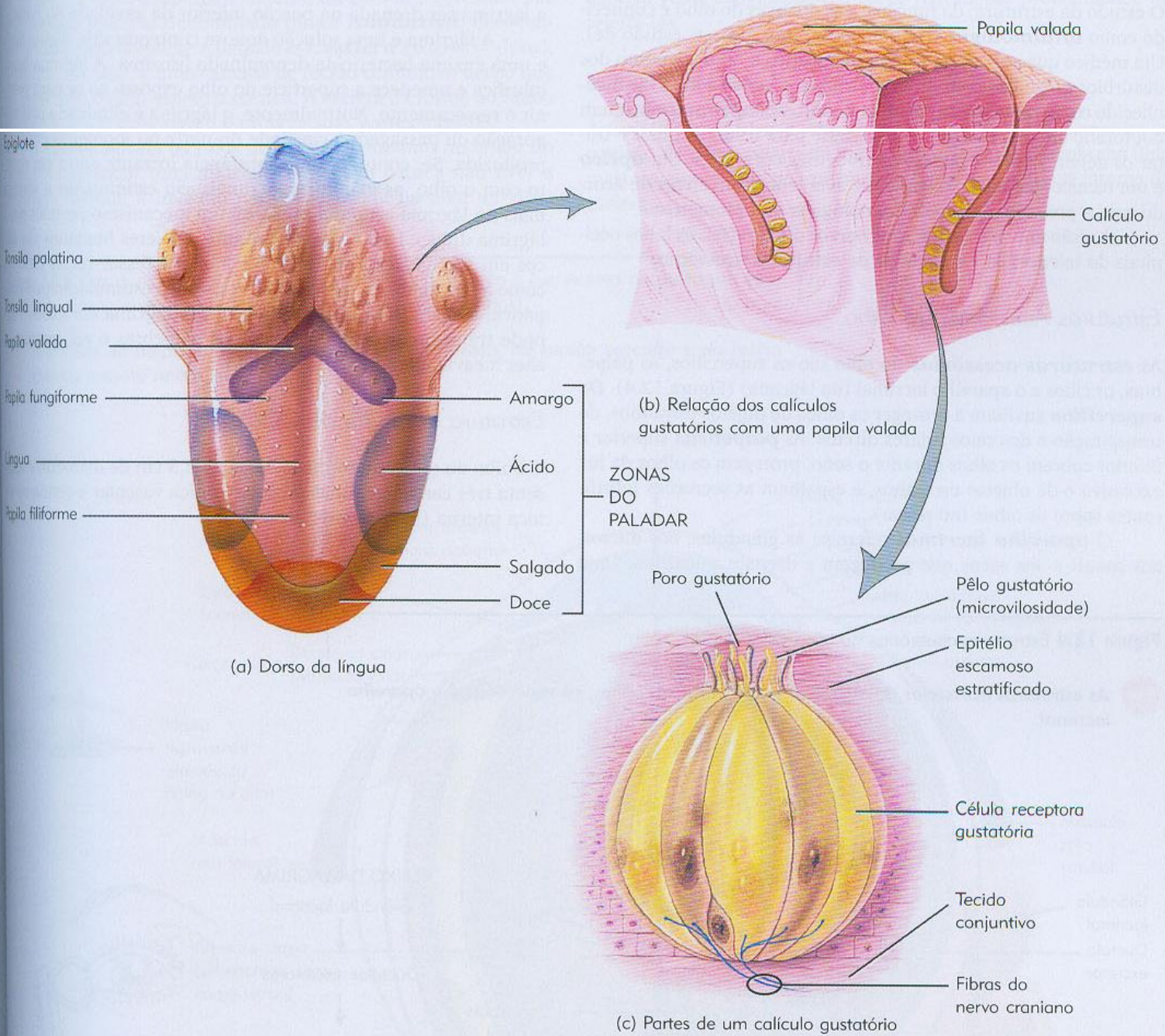
Para os receptores gustatórios serem estimulados, as substâncias devem ser dissolvidas na saliva para que possam penetrar nos poros gustatórios. Uma vez que a substância do sabor entra em contato com a membrana plasmática dos pêlos gustatórios, um potencial gerador é desenvolvido. Então, o potencial gerador inicia um impulso nervoso.

Existem quatro sensações primárias do gosto (paladar): ácido, salgado, amargo e doce. Todos os outros "sabores", como chocolate, pimenta e café, são combinações dessas quatro sensações modificadas pela sensação do olfato que acompanha.

Figura 12.3 Receptores gustatórios.

Os receptores gustatórios são encontrados nos calículos gustatórios (botões gustativos).

(a) Dorso da língua

(c) Partes de um calículo gustatório

Em ordem, que estruturas formam a via gustatória?

As pessoas com resfriado ou alergia algumas vezes queixam-se de que não podem sentir o gosto de seu alimento. Na verdade, suas sensações de gosto provavelmente estão operando normalmente, mas suas sensações olfativas não.

Muito do que pensamos ser gosto é realmente olfato pois os odores dos alimentos sobem para estimular o sistema olfatório. De fato, uma dada concentração de uma substância estimula o sistema olfatório milhares de vezes mais do que estimula o sistema gustatório.

Certas regiões da língua reagem mais fortemente a determinados gostos primários que outras. O ápice da língua reage a todas as quatro sensações primárias do gosto mas é altamente sensível a substâncias doces e salgadas. A porção posterior é altamente sensível às substâncias amargas, e as margens laterais são predominantemente sensíveis às substâncias ácidas (Figura 12.3a).

Via Gustatória

Os impulsos do gosto são enviados dos receptores gustatórios nos calículos gustatórios através dos nervos cranianos facial (VII), glossofaríngeo (IX) e vago (X) até a medula oblonga (bulbo), e então ao tálamo. Eles terminam na área gustatória primária no lobo parietal do córtex cerebral.

Sensibilidade Visual

Objetivo: *Descrever os receptores para a sensação da visão e a via visual para o encéfalo.*

O estudo da estrutura, da função e das doenças do olho é conhecido como ***oftalmologia*** (*ophthalmo* = olho; *logos* = estudo de). Um médico que se especializa no diagnóstico e no tratamento dos distúrbios dos olhos com drogas, cirurgia e lentes corretivas é conhecido como ***oftalmologista***, enquanto um ***optometrista*** tem doutorado em optometria e é licenciado para testar os olhos e tratar os defeitos visuais prescrevendo lentes corretivas. Um ***óptico*** é um técnico que ajusta, conserta e avia lentes corretivas de acordo com a prescrição de um oftalmologista ou optometrista.

A visão envolve os olhos, os nervos ópticos (II), os lobos occipitais do telencéfalo e uma série de estruturas acessórias.

Estruturas Acessórias do Olho

As ***estruturas acessórias*** do olho são os supercílios, as pálpebras, os cílios e o aparelho lacrimal (da lágrima) (Figura 12.4). ***Os supercílios*** auxiliam a proteger os olhos de objetos estranhos, da transpiração e dos raios solares diretos. As ***pálpebras*** superior e inferior cobrem os olhos durante o sono, protegem os olhos da luz excessiva e de objetos estranhos, e espalham as secreções lubrificantes sobre os olhos (ao piscar).

O ***aparelho lacrimal*** refere-se às glândulas, aos ductos, aos canais e aos sacos que produzem e drenam a lágrima. Uma ***glândula lacrimal*** produz lágrima. Cada uma tem o tamanh a forma aproximada de uma amêndoa, com ductos que desp a lágrima na superfície interna da pálpebra superior. Então, a lágrima passa sobre a superfície do olho em direção ao nariz em ***canalículos lacrimais*** e um ***ducto nasolacrimal*** que fa a lágrima ser drenada na porção inferior da cavidade do nariz.

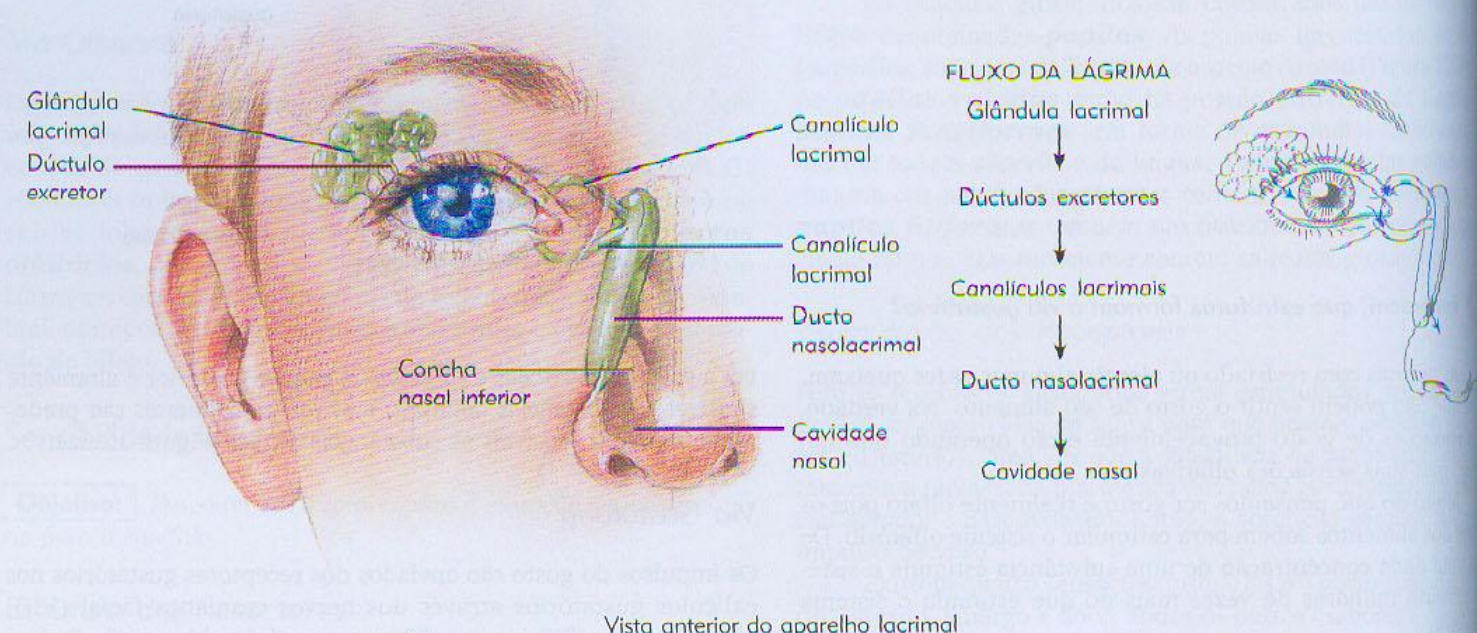
A lágrima é uma solução aquosa contendo sais, algum m e uma enzima bactericida denominada lisozima. A lágrima lim lubrifica e umedece a superfície do olho exposto ao ar para pre nir o ressecamento. Normalmente, a lágrima é eliminada pela e poração ou passagem à cavidade do nariz no momento em q produzida. Se, contudo, uma substância irritante entra em co to com o olho, as glândulas lacrimais são estimuladas a secr mais e a lágrima acumula-se. Este é um mecanismo protetor p lágrima dilue e lava o agente irritante. Os seres humanos são cos em sua capacidade de chorar para expressar certas emo como a felicidade e a tristeza. Em resposta à estimulação paras pática, as glândulas lacrimais produzem lágrima em excesso pode transbordar pelas margens das pálpebras e até mesmo cher a cavidade do nariz de líquido.

Estrutura do Bulbo do Olho

O bulbo do olho adulto mede cerca de 2,5 cm de diâmetro e ap senta três camadas: túnica fibrosa, túnica vascular e retina ou t nica interna (nervosa) (Figura 12.5a).

Figura 12.4 Estruturas acessórias do olho.

As estruturas acessórias do olho são as pálpebras, os cílios, os supercílios e o aparelho lacrimal.

Vista anterior do aparelho lacrimal

P ***Que substâncias estão presentes na lágrima e quais são as suas funções?***

Túnica Fibrosa

A *túnica fibrosa* é a camada externa do olho, consistindo de uma córnea, anterior, e uma esclera, posterior. A *córnea* é uma camada fibrosa avascular e transparente que cobre a parte colorida do olho, a íris. A superfície externa da córnea é revestida por uma camada epitelial denominada túnica *conjuntiva*, que também reveste internamente a pálpebra. A *esclera* (*skleros* = duro), "branco" do olho, é uma camada de tecido conjuntivo denso que circunda todo o olho exceto a córnea. A esclera dá forma ao bulbo do olho, torna-o mais rígido e protege suas partes internas.

A córnea refrata os raios de luz que penetram no bulbo do olho, para produzir uma imagem clara. Se a córnea não tiver a curvatura correta, a imagem não é focalizada na área de visão mais acurada na retina, ocorrendo visão borrada. Uma córnea defeituosa pode ser removida e substituída por uma córnea de um doador com diâmetro similar, um procedimento denominado *transplante de córnea*. Os transplantes de córnea são considerados o tipo mais bem-sucedido de transplante pois as córneas não contêm vasos sangüíneos e o corpo tem menor probabilidade de rejeitá-las.

Túnica Vascular

A *túnica vascular* é a camada média do olho, sendo composta da coróide, do corpo ciliar e da íris. A *coróide* é uma membrana fina, marrom escura, que reveste a maior parte da superfície interna da esclera.

Figura 12.5 Estrutura do bulbo do olho e respostas da pupila à luz. A seta no destaque em (a) indica a direção pela qual o bulbo do olho é visto (superior).

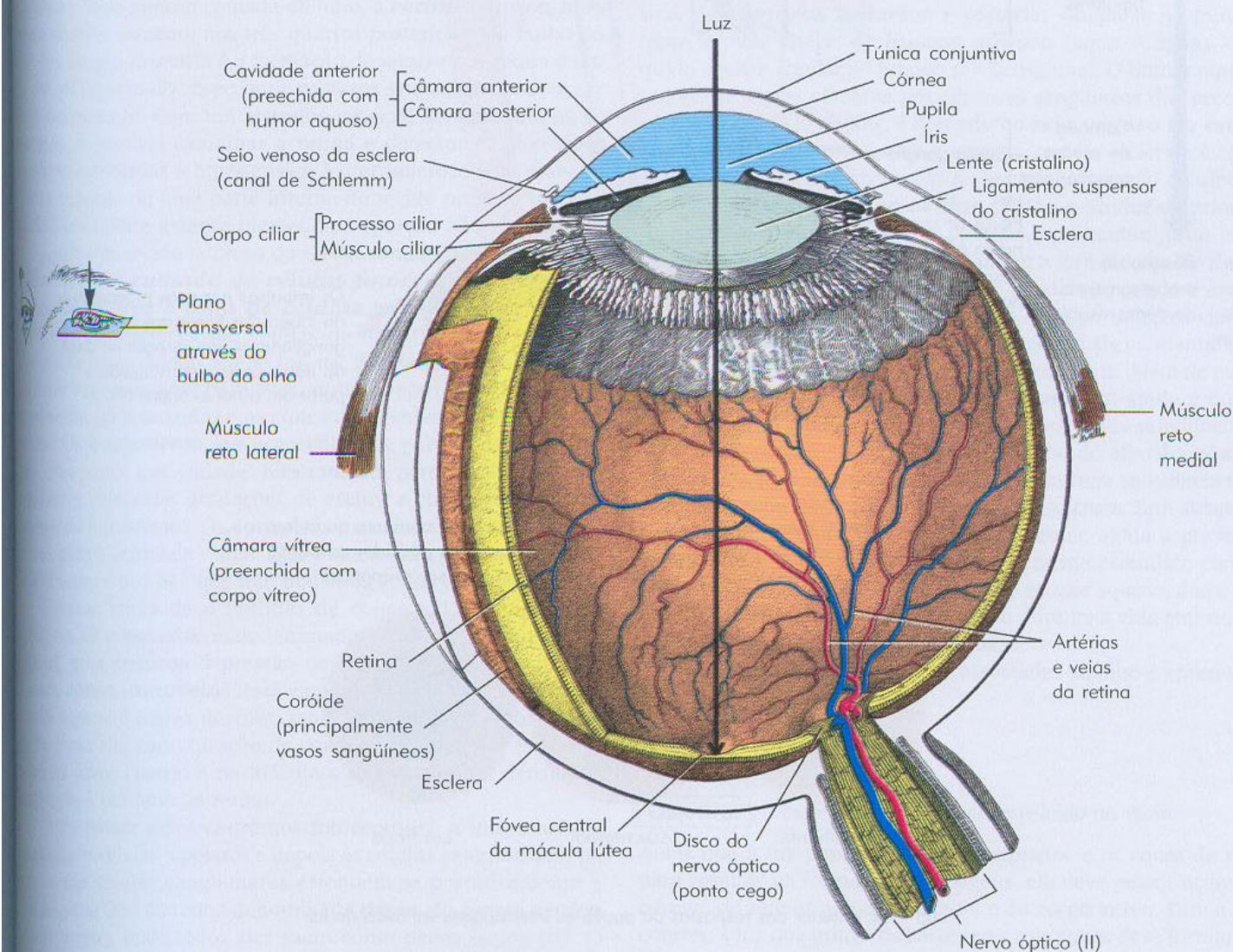
A parede do bulbo do olho consiste da túnica fibrosa, da túnica vascular e da retina (túnica interna nervosa).

(a) Vista superior de corte transversal do bulbo do olho esquerdo

Figura 12.5 (*Continuação*)

(b) Estrutura microscópica da retina

(c) Vista anterior das respostas da pupila às intensidades variáveis de luz

P ***Que fotoceptor é especializado na visão em luz fraca e permite-nos ver formas e movimento? Que fotoceptor é especializado na cor e na acuidade visual?***

Ela contém numerosos vasos sangüíneos e grande quantidade de pigmento. A coróide absorve os raios de luz de modo que eles não são refletidos dentro do bulbo do olho, e seu suprimento de sangue nutre a retina.

Na parte anterior do olho, a coróide continua-se com o ***corpo ciliar***. O corpo ciliar consiste dos ***processos ciliares***, cujos capilares secretam um líquido aquoso denominado humor aquoso, e do ***músculo ciliar***, um músculo liso que altera a forma da lente para a visão para perto ou para longe.

A ***íris*** (*irid* = círculo colorido) é a porção colorida do olho que tem forma circular. Ela consiste de fibras musculares lisas circulares e radiais. O orifício no centro da íris é a ***pupila***, através da qual a luz entra no bulbo do olho. A íris regula a quantidade de luz que penetra no bulbo do olho. Quando o olho é estimulado por uma luz brilhante, o músculo esfíncter da pupila contrai e diminui o diâmetro da pupila, o que é denominado miose. Quando o olho deve ajustar-se à luz fraca, o músculo dilatador da pupila se contrai e aumenta o diâmetro da pupila (midríase). Veja a Figura 12.5c. Estes músculos são controlados pelo sistema nervoso autônomo (veja o Quadro 11.3).

Retina (Túnica Interna Nervosa)

A terceira e mais interna camada do olho, a ***retina*** (***túnica nervosa***), situa-se somente nos três quartos posteriores do bulbo do olho. Sua função primária é a formação de imagem. A retina é um dos poucos lugares do corpo onde os vasos sangüíneos podem ser vistos diretamente. Com um aparelho especial denominado oftalmoscópio, é possível examinar a retina e detectar as alterações vasculares associadas à hipertensão, à aterosclerose e ao diabete. A retina consiste de uma parte interna de tecido nervoso (porção visual) e uma parte externa pigmentada (porção não-visual).

A parte de tecido nervoso da retina contém três camadas de neurônios, ***uma camada de células fotoceptoras, uma de células bipolares e uma de células ganglionares*** (Figura 12.5b). Os fotoceptores são células de dois tipos denominadas bastonetes e cones devido às suas formas. Eles são receptores visuais altamente especializados para a estimulação por raios de luz. Funcionalmente, os bastonetes e os cones desenvolvem potenciais geradores. Os ***bastonetes*** são especializados para a visão em luz fraca, com pouca intensidade. Eles também permitem a discriminação entre diferentes gradações de escuro e claro e a visão das formas e do movimento. Os ***cones*** são especializados para a visão da cor e para a acuidade visual. Eles somente são estimulados pela luz brilhante; é por isso que não podemos ver as cores ao luar.

Existem cerca de 6 milhões de cones e 120 milhões de bastonetes. Os cones estão mais densamente concentrados na ***fóvea central***, uma pequena depressão no centro da mácula lútea. A ***mácula lútea*** (***amarela***), está exatamente no centro da retina. A fóvea central é a área de visão mais acurada (pormenorizada), devido à sua alta concentração de cones. Os bastonetes estão ausentes na fóvea central e na mácula e aumentam em densidade em direção à periferia da retina.

Após passar pelos neurônios fotoceptores, a informação é conduzida às células bipolares e depois às células ganglionares. Os axônios das células ganglionares estendem-se posteriormente a uma pequena área da retina denominada ***disco do nervo óptico*** (***ponto cego***), onde todos eles saem como nervo óptico (II). O disco do nervo óptico é denominado ponto cego pois não contém fotoceptores. O nervo óptico transmite os impulsos visuais ao córtex cerebral do lobo occipital do telencéfalo, para interpretação da sensação visual (veja o Capítulo 10).

Um problema freqüentemente encontrado relacionado à retina é o ***descolamento de retina***, que pode ocorrer no trauma, como um golpe na cabeça. O descolamento verdadeiro ocorre entre a parte nervosa da retina e a parte pigmentada subjacente. O líquido acumula-se entre estas partes, resultando em visão distorcida e cegueira. Freqüentemente, a retina pode ser cirurgicamente refixada.

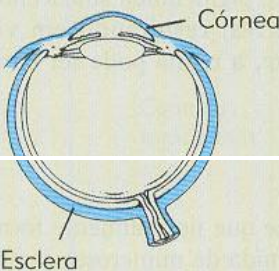
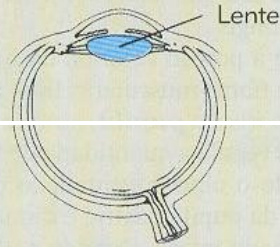
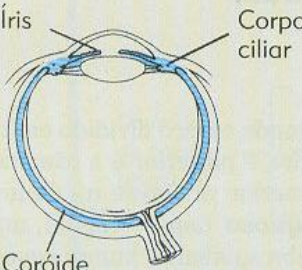
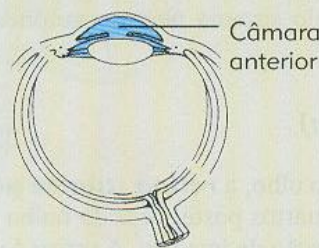
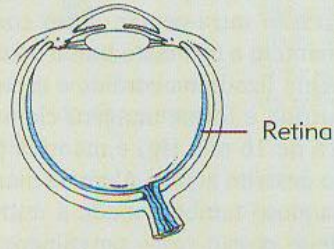
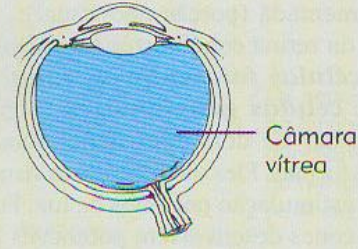
Lente (Cristalino)

A lente é uma estrutura transparente que normalmente focaliza os raios de luz na retina. Ela é construída de numerosas camadas de fibras de proteína. O ***ligamento suspensor*** fixados na lente mantém-na em posição atrás da pupila. Uma perda de transparência da lente é conhecida como ***catarata***.

Interior

O interior do bulbo do olho é um grande espaço dividido em cavidades pela lente, as câmaras anterior e posterior e a câmara vítrea. As ***câmaras anterior*** e posterior situam-se na frente da lente, e estão cheias ***de humor aquoso*** (*aqua* = água), um líquido aquoso similar ao líquido cerebrospinhal. O humor aquoso é secretado nessas câmaras por capilares sangüíneos dos processos ciliares. O líquido depois, é drenado no ***seio venoso da esclera*** (***canal de Schlemm***), uma passagem onde a esclera e a córnea se encontram, sendo absorvido no sangue. A pressão no olho, denominada ***pressão intra-ocular*** (***PIO***), é produzida principalmente pelo humor aquoso. A pressão intra-ocular, junto com o corpo vítreo (descrito a seguir), mantém a forma do bulbo do olho e mantém a retina homogeneamente fixada na coróide e estendida para que a retina seja bem nutrida e forme imagens claras. A pressão intra-ocular normal (cerca de 16 mm Hg) é mantida pela drenagem do humor aquoso como descrito acima. Além de manter a pressão intra-ocular, o humor aquoso também ajuda a nutrir a lente e a córnea pois nenhuma delas possui vasos sangüíneos.

A segunda e maior cavidade do bulbo do olho é a ***câmara vítrea***. Ela se situa atrás da lente e contém uma substância transparente e gelatinosa denominada ***corpo vítreo***. Esta substância contribui para manter a pressão intra-ocular, ajuda a prevenir o colapso do bulbo do olho e mantém a retina estendida contra a coróide. O corpo vítreo, ao contrário do humor aquoso, não é substituído constantemente. Ele é formado durante a vida embrionária e não é subseqüentemente substituído.

Um resumo das estruturas associadas ao olho é apresentado no Quadro 12.2.

Fisiologia da Visão

Objetivo: *Descrever o mecanismo envolvido na visão.*

Antes que a luz possa atingir os bastonetes e os cones da retina para resultar na formação de imagens, ela deve passar através da córnea, do humor aquoso, da lente e do corpo vítreo. Para a visão ocorrer, a luz que atinge os bastonetes e os cones deve formar uma imagem na retina.

Quadro 12.2 Resumo das Estruturas Associadas ao olho

ESTRUTURA	FUNÇÃO	ESTRUTURA	FUNÇÃO
Túnica fibrosa	*Córnea*: Admite e refrata (desvia) a luz. *Esclera*: Dá forma e protege as partes internas.	**Lente (Cristalino)**	Refrata a luz.
Túnica vascular	*Íris*: Regula a quantidade de luz que entra no bulbo do olho. *CORPO CILIAR*: **SECRETA HUMOR AQUOSO E ALTERA A FORMA DA LENTE PARA A VISÃO PARA PERTO OU PARA LONGE (ACOMODAÇÃO VISUAL).** *Coróide*: Fornece suprimento sangüíneo e absorve a luz dispersa.	**Câmara anterior**	Contém humor aquoso que ajuda a manter a forma do bulbo do olho.
Retina (túnica interna nervosa)	Recebe a luz e converte-a em potenciais receptores e impulsos nervosos. A condução de impulsos ao encéfalo é através do nervo óptico (II).	**Câmara vítrea**	Contém o corpo vítreo que ajuda a manter a forma do bulbo do olho e mantém a retina estendida contra a coróide.

Formação da Imagem na Retina

A formação de uma imagem na retina requer quatro processos básicos, todos relacionados à focalização dos raios de luz: (1) refração dos raios de luz, (2) acomodação (aumento na curvatura) da lente, (3) constrição da pupila e (4) convergência dos olhos (movimento dos olhos medialmente). A acomodação e o tamanho da pupila são funções do músculo ciliar e dos músculos da íris. Eles são denominados ***músculos intrínsecos do olho***, pois estão dentro do bulbo do olho. A convergência é uma função dos músculos voluntários fixados na parte externa do bulbo do olho denominados ***músculos extrínsecos do olho*** (veja a Figura 8.16).

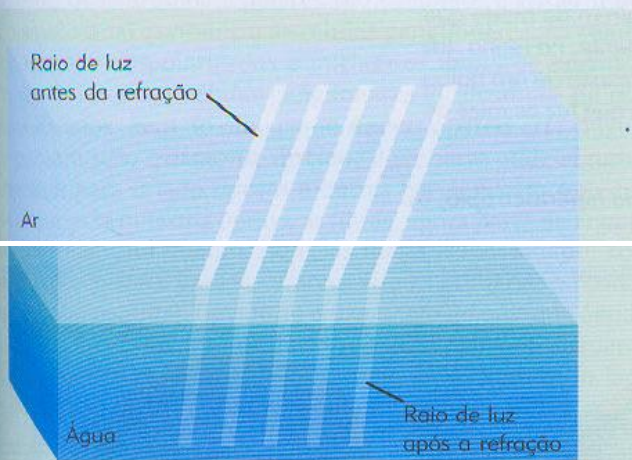
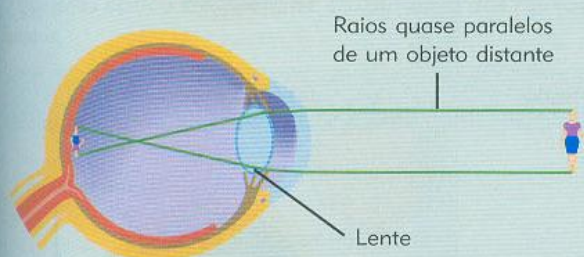
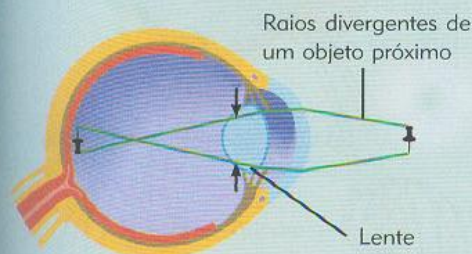
REFRAÇÃO DOS RAIOS DE LUZ Quando os raios de luz passando através de um meio transparente (como o ar) atingem a um segundo meio transparente com densidade diferente (como a água), desviam na superfície dos dois meios. Esse desvio é denominado ***refração*** (Figura 12.6a) e ocorre na córnea e na lente.

ACOMODAÇÃO DA LENTE Se a superfície de uma lente curva-se para fora, como em uma lente convexa, a lente irá refratar os raios que a penetram em direção uns aos outros de modo que eles eventualmente se cruzam. Quanto maior a curva da lente, mais os raios luminosos desviam uns em direção aos outros. A lente do olho é convexa nas superfícies anterior e posterior (biconvexa). Ela pode alterar o poder do foco tornando-se moderadamente curva em um momento e grandemente curva a seguir. Este aumento na curvatura da lente é denominado ***acomodação*** (Figura 12.6c).

Na visão para perto, o músculo ciliar contrai-se, puxando o processo ciliar em direção à lente, liberando a tensão no ligamento suspensor e na lente. Devido à sua elasticidade, a lente encurta, espessa-se e abaula-se, tornando-se mais convexa e refratando mais agudamente. Na visão para longe, o músculo ciliar é relaxado e a lente torna-se mais achatada. Com o envelhecimento, a lente perde a elasticidade e, assim, sua capacidade de acomodação.

O olho normal, conhecido como emetrope (***emetrópico***) pode refratar suficientemente os raios de luz de um objeto pa

igura 12.6 Refração dos raios de luz e acomodação.

Refração é o desvio dos raios de luz.

(a) Refração dos raios luminosos

(b) Visão de um objeto distante

(c) Acomodação

Que alterações ocorrem durante a acomodação para a visão para perto?

calizar uma imagem clara na retina (Figura 12.7a). Muitos indivíduos, contudo, não têm visão normal devido à refração incorreta. Eles podem ter ***miopia*** (incapacidade de ver claramente os objetos distantes), ***hipermetropia*** (incapacidade de ver claramente os objetos próximos) ou ***astigmatismo***, irregularidades na superfície da lente ou da córnea. A miopia e a hipermetropia são ilustradas e explicadas na Figura 12.7b-e. A incapacidade de focalizar objetos próximos devido à perda da elasticidade da lente com a idade é denominada ***presbiopia***.

ONSTRIÇÃO DA PUPILA Parte do mecanismo de acomodação envolve o músculo esfíncter da pupila (fibras musculares circulares da íris), que constringem a pupila. A constrição da pupila significa diminuição do diâmetro do orifício através do qual a luz penetra no olho. Essa ação ocorre simultaneamente com a acomodação de modo que os raios de luz não penetram no olho pelas margens da lente. Os raios que entrassem pelas margens não seriam trazidos ao foco na retina, e resultariam em visão borrada.

CONVERGÊNCIA Em seres humanos, ambos os olhos normalmente focalizam somente um conjunto de objetos – uma visão característica denominada ***visão binocular simples***. Na visão binocular simples, quando olhamos diretamente para a frente, para um objeto distante, os raios de luz que chegam vão diretamente a ambas as pupilas e são refratados para pontos idênticos na retina de ambos os olhos. Porém, à medida que nos movemos para perto do objeto, nossos olhos devem mover-se em direção ao nariz para os raios de luz atingirem os mesmos pontos em ambas as retinas. O termo ***convergência*** refere-se a esse movimento dos dois olhos em direção ao nariz para que eles sejam ambos dirigidos ao objeto que está sendo visto. Quanto mais próximo o objeto, maior a convergência requerida. A convergência é feita automaticamente pelos músculos extrínsecos do olho. A convergência e a visão binocular são necessárias para a ***percepção de profundidade*** e para perceber objetos que possuem um aspecto tridimensional.

IMAGEM INVERTIDA As imagens são focalizadas "de cabeça para baixo" na retina. Elas também sofrem inversão em espelho; isto é, a luz recebida do lado direito de um objeto atinge o lado esquerdo da retina, e vice-versa. Note porém, na Figura 12.6 como a luz do topo do objeto atinge a parte inferior da fóvea central e vice-versa. Nós não vemos um mundo invertido pois o cérebro aprende no começo da vida a coordenar as imagens visuais com a localização dos objetos. O cérebro inverte automaticamente as imagens visuais para a posição considerada normal.

Estimulação dos Fotorreceptores

EXCITAÇÃO DOS BASTONETES Após uma imagem ser formada na retina por refração, acomodação, constrição da pupila e convergência, os estímulos luminosos devem ser convertidos em impulsos nervosos. O passo inicial é o desenvolvimento de potenciais geradores pelos bastonetes e pelos cones. Para compreender como isto ocorre, examinaremos primeiro o papel dos fotopigmentos.

Um ***fotopigmento*** é uma substância que pode absorver a luz e sofrer uma alteração na estrutura para produzir um potencial gerador. O fotopigmento nos bastonetes é denominado ***rodopsina*** (*rhodo* = rosa; *opsis* = visão) e é composto de uma proteína denominada ***opsina*** e um derivado da vitamina A denominado ***retinal***.

A rodopsina (púrpura visual) é um composto altamente instável em presença de quantidades até mesmo muito pequenas de luz. Qualquer quantidade de luz em uma sala escura fará a rodopsina quebrar-se em opsina e retinal. Isto desencadeará um potencial gerador que finalmente causará a despolarização dos bastonetes, iniciando assim os impulsos visuais. Nas situações de luz fraca, a opsina e o retinal irão rapidamente se recombinar em rodopsina, e sua produção será capaz de se equilibrar com a degradação, fornecendo assim a visão noturna. Os bastonetes usualmente não são funcionais na luz do dia, pois a rodopsina é degradada mais rapidamente do que pode ser recombinada. Após sair da luz solar brilhante para uma sala escura, levará vários minutos antes que os bastonetes funcionem novamente. O período de ajus-

Figura 12.7 Refração normal e anormal no olho. (a) No olho normal (emetrope), os raios de luz de um objeto são desviados suficientemente pelo meio de refração e convergem na fóvea central. Uma imagem clara é formada. (b) No olho míope, a imagem é focalizada na frente da retina. A condição pode resultar de um bulbo do olho alongado ou de uma lente espessa. (c) A correção é pelo uso de uma lente côncava, que faz os raios de luz divergirem de modo que eles devem ir mais longe através do bulbo do olho e ser focalizados diretamente, na retina. (d) No olho hipermetrope, a imagem é focalizada atrás da retina. A condição resulta de um bulbo do olho curto ou de uma lente fina. (e) A correção é por uma lente convexa que faz os raios de luz convergirem de modo que eles focalizem diretamente na retina.

Na miopia, os objetos distantes não podem ser vistos claramente; na hipermetropia, os objetos próximos não podem ser vistos claramente.

Plano normal de foco

Lente côncava

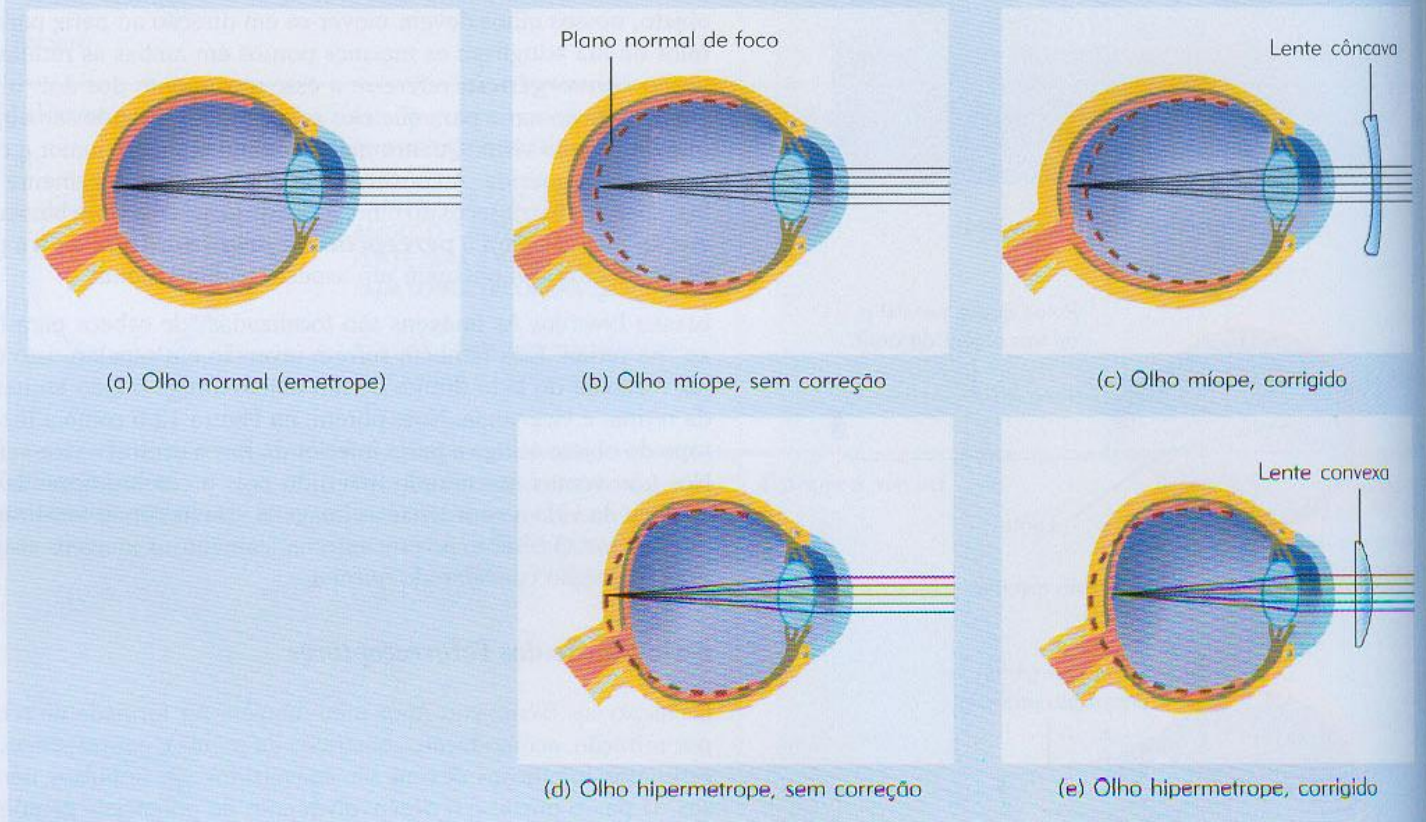
(a) Olho normal (emetrope)

(b) Olho míope, sem correção

(c) Olho míope, corrigido

Lente convexa

(d) Olho hipermetrope, sem correção

(e) Olho hipermetrope, corrigido

P *O que é presbiopia?*

te é o tempo necessário para a rodopsina completamente dissociada ser recombinada.

A ***cegueira noturna*** é a falta de visão noturna normal após o período de ajuste. Ela é mais freqüentemente causada por uma deficiência de vitamina A.

Excitação dos Cones Os cones são os receptores para luz brilhante e para cor. Como nos bastonetes, a degradação de fotopigmento produz o potencial gerador. O fotopigmento nos cones também contém retinal, mas a proteína é diferente. Ao contrário da rodopsina, o fotopigmento dos cones requer luz brilhante para a degradação e recombina-se rapidamente. Existem três tipos de cones, cada um contendo uma combinação diferente de retinal e proteína. Um tipo de cone responde melhor à luz vermelha, o segundo à verde, e o terceiro à azul. Assim como um artista pode obter quase todas as cores misturando as cores primárias, os cones podem perceber qualquer cor por estimulação diferencial. Ao olhar para um objeto, se todos os três tipos de cones são estimulados, o objeto será percebido como branco; se nenhum é estimulado, o objeto parecerá negro.

Se um dos tipos de cones está ausente na retina, um indivíduo não pode distinguir algumas cores de outras, sendo denominado portador de ***cegueira para as cores***. O tipo mais comum é a cegueira para o vermelho-verde (***daltonismo***), em que freqüentemente um fotopigmento está ausente. O daltonismo é uma condição hereditária que afeta os homens mais freqüentemente do que as mulheres. A herança da condição é discutida no Capítulo 24 e ilustrada na Figura 24.13.

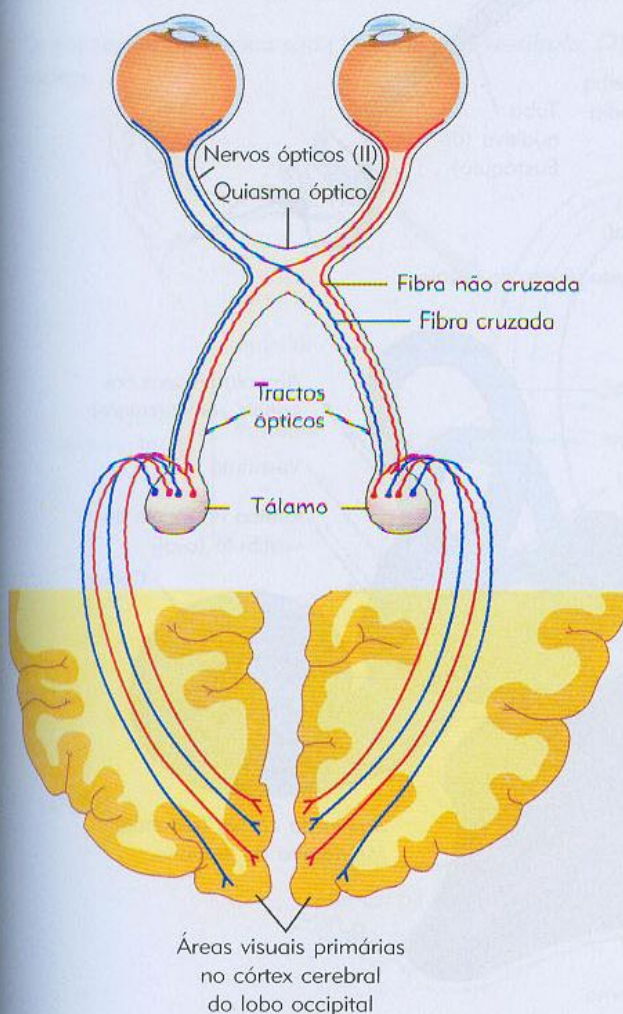
Via Visual

A Figura 12.5b mostra que a retina (túnica nervosa) é composta de três camadas de neurônios: fotorreceptores (bastonetes e cones), bipolares e ganglionares. Para a luz atingir os bastonetes e os cones e estimulá-los para produzir potenciais geradores, ela dev

meiramente passar através das camadas ganglionares e bipo-res.

Após os potenciais geradores serem desenvolvidos pelos stonetes e cones, eles produzem sinais nos neurônios bipolares. n resposta, os neurônios bipolares são excitados e então trans-item o sinal visual excitatório às células ganglionares. As células nglionares são despolarizadas e iniciam os impulsos nervosos. corpos celulares das células ganglionares localizam-se na reti-, e seus axônios saem do olho como ***nervo óptico*** (***II***) (Figura 2.8) e passam pelo ***quiasma óptico***, uma parte onde algumas bras cruzam para o lado oposto e outras permanecem sem cru-r. Ao passar pelo quiasma óptico, as fibras, agora parte do ***tracto ptico***, terminam no tálamo. Aqui, as fibras fazem sinapse com eurônios cujos axônios passam às áreas visuais primárias no córtex rebral do lobo occipital. Devido ao cruzamento no quiasma óptico, lado direito do córtex interpreta as sensações do lado esquerdo e um objeto e o lado esquerdo interpreta as sensações do lado reito de um objeto.

igura **12.8** Via visual.

O quiasma óptico é a parte de cruzamento dos nervos ópticos.

Qual é a ordem correta de estruturas que conduzem os impulsos nervosos da retina ao lobo occipital do cérebro?

Sensibilidade Auditiva e do Equilíbrio

Objetivo: *Descrever os receptores para a audição e o equilíbrio e suas vias ao encéfalo.*

Além de conter os receptores para as ondas sonoras, a orelha também contém receptores para o equilíbrio. A orelha é dividida em três regiões principais: externa, média e interna.

Orelha Externa

A ***orelha externa*** destina-se a coletar as ondas sonoras e passá-las para dentro (Figura 12.9a). Ela consiste de pavilhão da orelha, meato acústico externo e membrana do tímpano.

O ***pavilhão da orelha*** é uma lâmina de cartilagem elástica com a forma da extremidade saliente de um trompete e fixada à cabeça por ligamentos e músculos. Ela dirige as ondas sonoras ao meato acústico externo. O ***meato acústico externo*** (*audire* = ouvir) é um turbo curvo que se estende do pavilhão da orelha à membrana do tímpano. O meato contém alguns pêlos e ***glândulas ceruminosas*** que secretam ***cerume*** (cera de ouvido). Os pêlos e o cerume auxiliam a prevenir a entrada de objetos estranhos na orelha.

O ***tímpano ou membrana do tímpano*** (*tympano* = tambor) é uma divisão fina e semitransparente entre o meato acústico externo e a orelha média.

Orelha Média

A ***orelha média*** é uma pequena cavidade cheia de ar entre a membrana do tímpano da orelha externa e a orelha interna (Figura 12.9a,b).

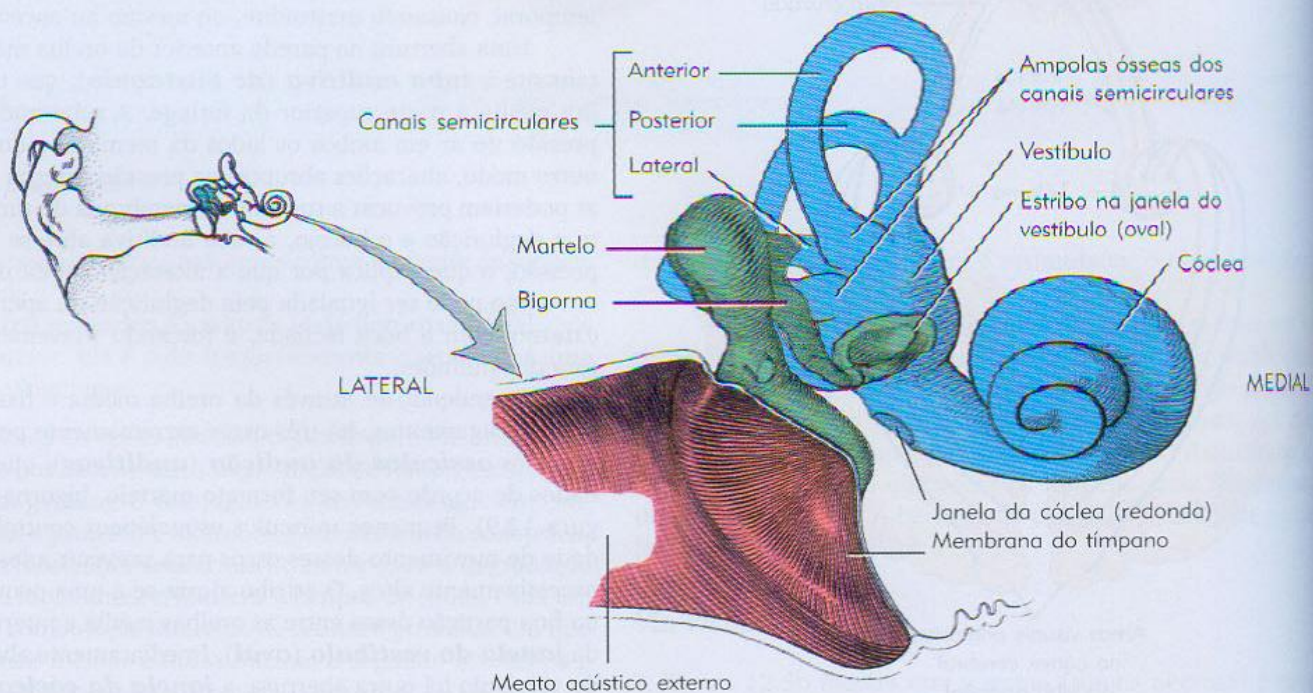
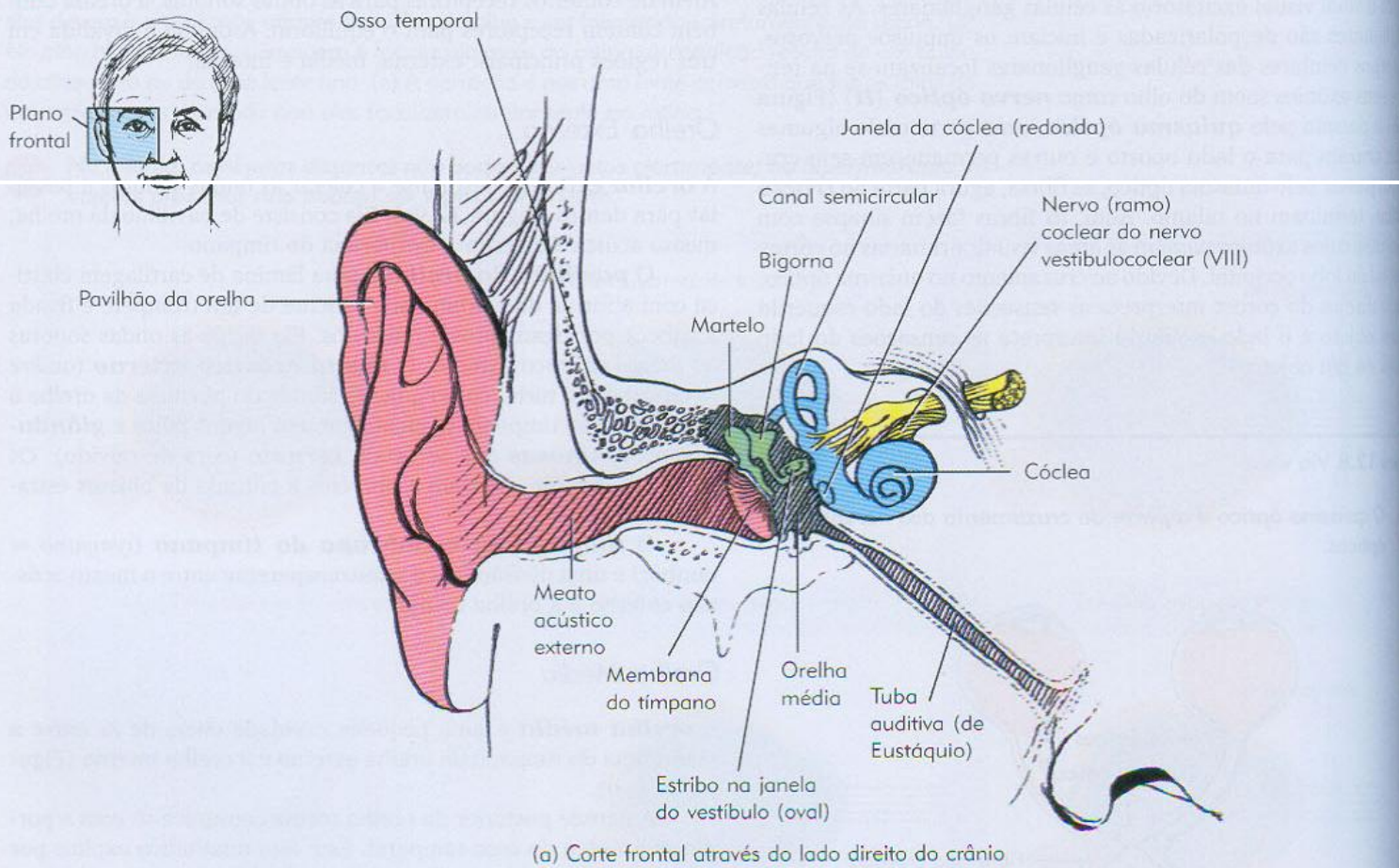
A parede posterior da orelha média comunica-se com a porção mastóidea do osso temporal. Este fato anatômico explica por que uma infecção na orelha média pode disseminar-se pelo osso temporal, causando mastoidite, ou mesmo ao encéfalo.

Uma abertura na parede anterior da orelha média leva diretamente à ***tuba auditiva*** (***de Eustáquio***), que conecta a orelha média à parte superior da faringe. A tuba auditiva iguala a pressão do ar em ambos os lados da membrana do tímpano. De outro modo, alterações abruptas na pressão externa ou interna do ar poderiam provocar a ruptura da membrana do tímpano. Durante a deglutição e o bocejo, a tuba auditiva abre-se para aliviar a pressão, o que explica por que a alteração súbita de pressão em um avião pode ser igualada pela deglutição ou apertando o nariz externo, com a boca fechada, e forçando suavemente o ar para fora dos pulmões.

Estendendo-se através da orelha média e fixados nela por meio de ligamentos, há três ossos extremamente pequenos denominados ***ossículos da audição*** (***auditivos***), que são denominados de acordo com seu formato martelo, bigorna e estribo (Figura 12.9). Pequenos músculos esqueléticos controlam a quantidade de movimento desses ossos para prevenir a lesão por ruídos excessivamente altos. O estribo ajusta-se a uma pequena abertura na fina partição óssea entre as orelhas média e interna denominada ***janela do vestíbulo*** (***oval***). Imediatamente abaixo da janela do vestíbulo há outra abertura, a ***janela da cóclea*** (***redonda***).

Figura 12.9 Estrutura do aparelho da audição, mostrando a divisão da orelha direita nas porções externa, média e interna.

A orelha é dividida em três regiões principais: externa, média e interna.

(a) Corte frontal através do lado direito do crânio

(b) Detalhes da orelha média e do labirinto ósseo na orelha interna

Onde estão localizados os receptores da audição e do equilíbrio?

elha Interna

orelha **interna** apresenta o labirinto ósseo, externo, e o labi- to membranáceo, interno, que se situa dentro do labirinto ós- (Figura 12.10). O **labirinto ósseo** é uma série de cavidades osso temporal. Ele pode ser dividido em três áreas denomina- s com base na forma – vestíbulo, cóclea e canais semicirculares. labirinto ósseo contém um líquido denominado ***perilinfa.*** Este uido circunda o ***labirinto membranáceo*** interno, uma série sacos e tubos com a mesma forma geral do labirinto ósseo. O birinto membranáceo contém um líquido denominado ***endo- linfa.***

O vestíbulo é a parte média do labirinto ósseo. O labirinto mbranáceo no vestíbulo consiste de dois sacos denominados **trículo** (*utriculus* = bolsa pequena) e ***sáculo*** (*saculus* = saco queno). Atrás do vestíbulo há três ***canais semicirculares*** ós- eos. Os canais semicirculares anterior e posterior são verticais, as em planos diferentes, enquanto o canal semicircular lateral é orizontal. Uma extremidade de cada canal alarga-se em uma dilatação denominada ***ampola*** (*ampulla* = jarro pequeno). Dentro dos canais semicirculares há os ***ductos semicirculares***, que se comunicam com o utrículo no vestíbulo.

Em frente ao vestíbulo está a ***cóclea*** (*cochlea* = concha de caracol), um canal espiral ósseo que lembra a concha de um caracol. Um corte transversal através da cóclea mostra que ela está dividida em três canais, a ***rampa do vestíbulo*** que termina na janela do vestíbulo, ***a rampa do tímpano*** que termina na janela da cóclea, e o ***ducto coclear***. Entre o ducto coclear e a rampa do vestíbulo, está a ***membrana vestibular (parede vestibular do ducto coclear)***. Entre o ducto coclear e a rampa do tímpano, está a ***membrana espiral basilar (parede timpânica do ducto coclear).***

Sobre a membrana espiral basilar, está o ***órgão espiral (órgão de Corti),*** o órgão da audição. O órgão espiral consiste de células de sustentação e células ciliadas, que são os receptores da sensibilidade auditiva. As células ciliadas possuem longos processos semelhantes a pêlos em suas extremidades livres, os quais se estendem na endolinfa do ducto coclear.

igura 12.10 Detalhes da parte interna da orelha direita. (a) Relações entre a rampa do mpano, o ducto coclear e a rampa do vestíbulo. As setas indicam a transmissão das ondas noras, que será discutida a seguir. (b) A origem dos nervos (ramos) vestibular e coclear do ervo vestibulococlear (VIII). (c) Aumento do órgão espiral (órgão de Corti).

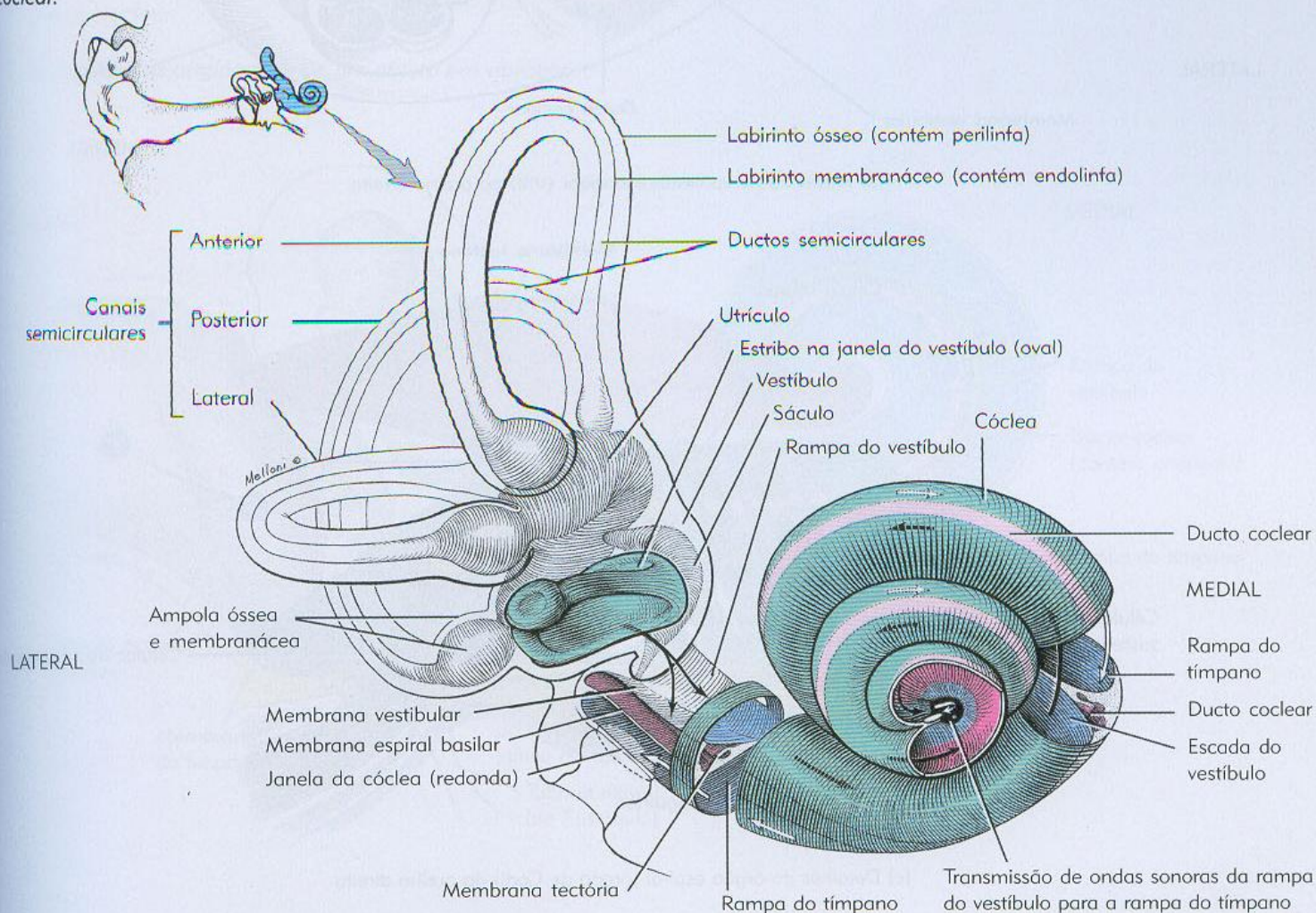
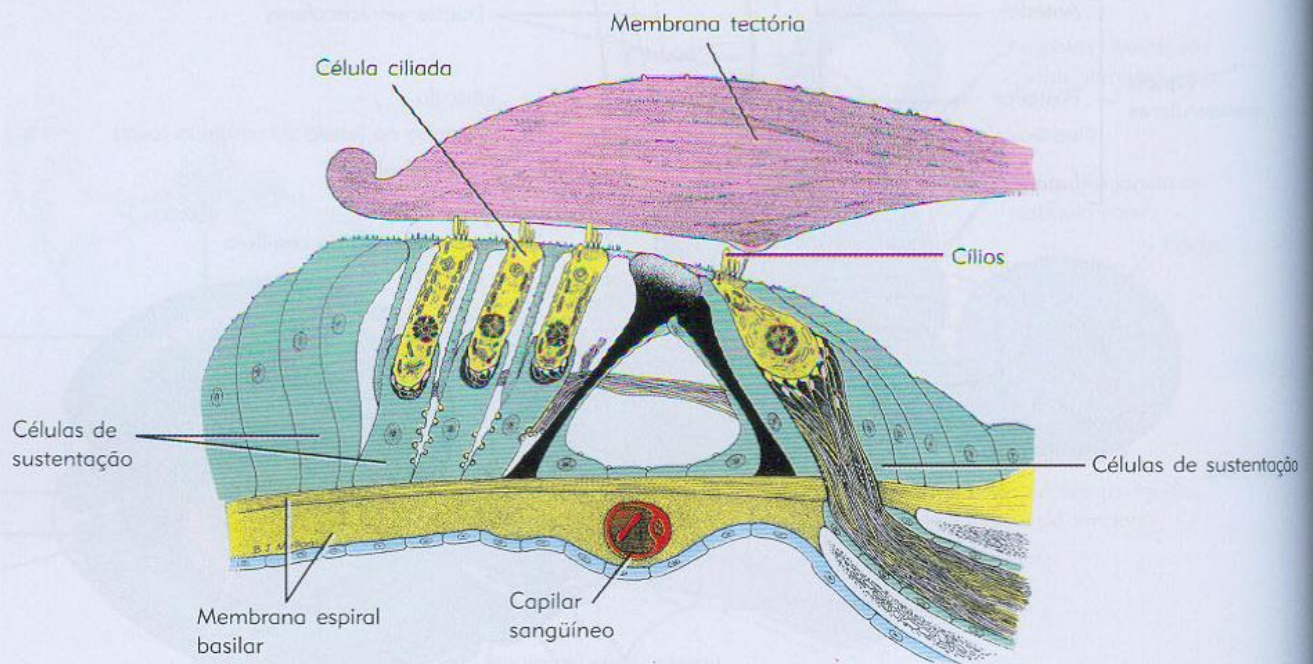
Os três canais na cóclea são (1) rampa do vestíbulo, (2) rampa do tímpano e (3) ducto coclear.

(a) Cortes através da cóclea da orelha direita

Figura 12.10 (*Continuação*)

Anterior
Crista ampular dentro da ampola membranácea
Posterior
Lateral
Mácula do utrículo
Mácula do sáculo
LATERAL
Membrana vestibular
Nervo (ramo) coclear do nervo vestibulococlear (VIII)
Nervo vestibulococlear (VIII)
Nervo facial (VII)
Nervo (ramo) coclear do nervo vestibulococlear (VIII)
Rampa do tímpano
Ducto coclear
Rampa do vestíbulo
Cóclea
Ducto coclear
MEDIAL

(b) Partes do nervo vestibulococlear (VIII) da orelha direita

(c) Detalhes do órgão espiral (órgão de Corti) da orelha direita

P ***Que estruturas separam a orelha externa da média, e a orelha média da interna?***

As células ciliadas estão em contato com o nervo (ramo) coclear do nervo vestibulococlear (VIII). Acima das células ciliadas e em contato com elas está a ***membrana tectória*** (*tectum* = cobertura), uma membrana delicada e flexível.

As células ciliadas do órgão espiral são facilmente lesadas pela exposição a ruídos de alta intensidade, como aqueles produzidos por aviões a jato e música alta. Elas se rearranjam em padrões desorganizados ou elas e suas células de sustentação degeneram-se.

Ondas Sonoras

As ***ondas sonoras*** originam-se de um objeto em vibração, da mesma forma que as ondas correm sobre a superfície da água. Os sons ouvidos mais aguçadamente pela orelha humana são de fontes que vibram em freqüências entre 500 e 5 mil ciclos por segundo (Hz). A amplitude completa da audição estende-se de 20 a 20 mil Hz.

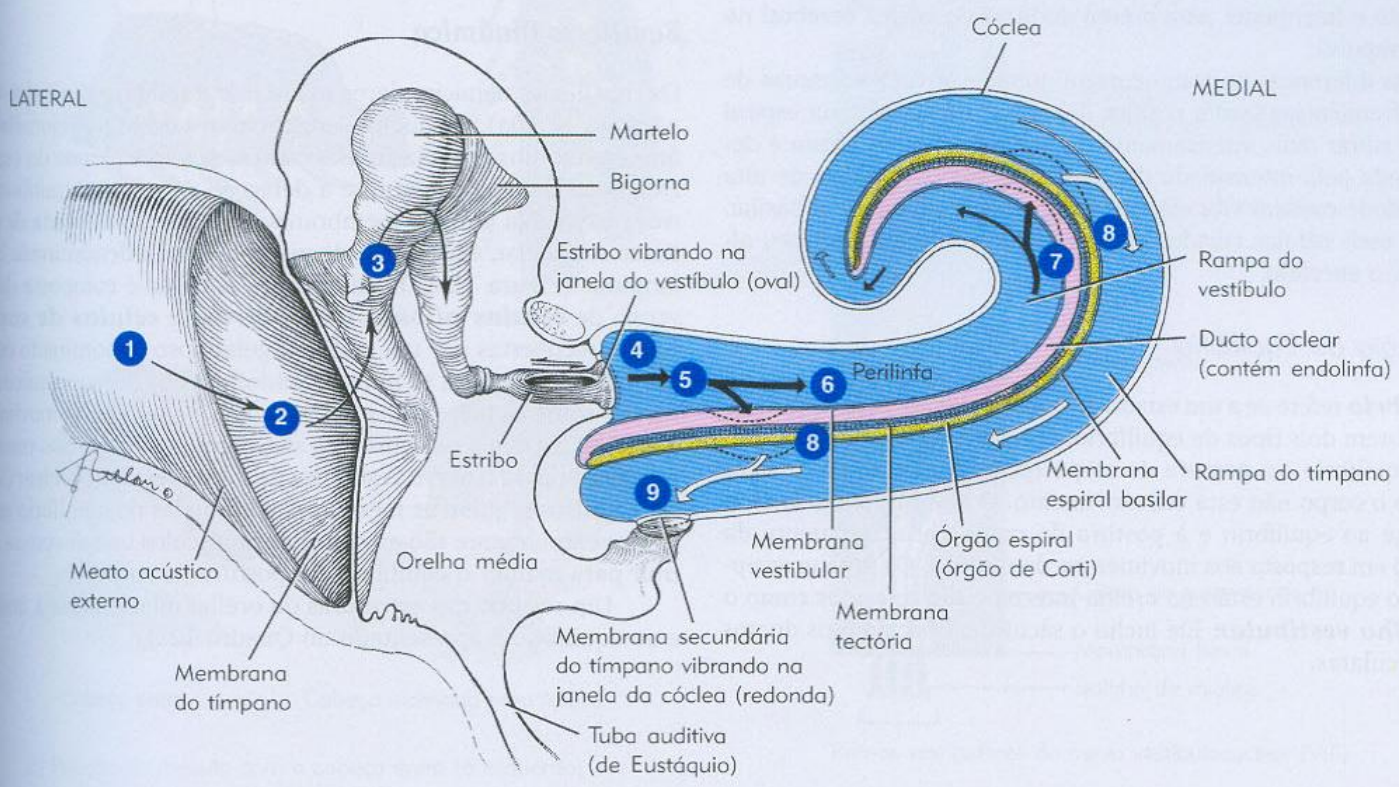
A freqüência da vibração é seu ***tom***. Quanto maior a freqüência, maior o tom. Quanto maior a força da vibração, mais alto o som. A intensidade ou altura é medida em ***decibéis*** (***dB***). O ponto em que uma pessoa começa a detectar o som do silêncio é 0 dB. As folhas secas produzem um ruído na faixa de 15 dB, a conversação normal 45 dB, o ruído da multidão 60 dB, um aspirador de pó 75 dB, e uma perfuratriz pneumática 90 dB. A perda de audição pode resultar da exposição prolongada a sons acima de 90 dB. Entre 115 e 120 dB está o limiar que gera a dor.

Fisiologia da Audição

Os eventos envolvidos na fisiologia da audição das ondas sonoras são os seguintes (Figura 12.11):

1. As ondas sonoras que alcançam a orelha são dirigidas pelo pavilhão da orelha ao meato acústico externo.
2. Quando as ondas batem na membrana do tímpano, ela vibra. A distância em que a membrana do tímpano se move relaciona-se à intensidade e à freqüência das ondas sonoras. Ela vibra lentamente em resposta a sons de baixa freqüência e rapidamente em resposta aos sons de alta freqüência.
3. O centro da membrana do tímpano é conectado ao martelo, que também começa a vibrar. A vibração é então captada pela bigorna, que transmite vibração ao estribo.

Figura 12.11 Fisiologia da audição na orelha direita. Os números correspondem aos eventos listados no texto. A cóclea foi desenrolada para visualizar mais facilmente a transmissão das ondas sonoras e a sua subseqüente distorção na membrana vestibular ou na espiral basilar do ducto coclear.

As ondas sonoras originam-se de um objeto em vibração.

Qual é a função das células ciliadas?

4. O estribo move-se para a frente e para trás, transmitindo este movimento para a janela do vestíbulo (oval).
5. O movimento na janela do vestíbulo (oval) produz ondas na perilinfa da cóclea.
6. Quando a base do estribo na janela do vestíbulo (oval) salienta-se para dentro, empurra a perilinfa na rampa do vestíbulo. Ondas de pressão são transmitidas da rampa do vestíbulo à rampa do tímpano e eventualmente à janela redonda, fazendo a membrana secundária do tímpano salientar-se para fora na orelha média (veja o número 9 na Figura 12.11).
7. Quando as ondas de pressão empurram as paredes da rampa do vestíbulo e da rampa do tímpano, também empurram a membrana vestibular para a frente e para trás. Como resultado, a pressão da endolinfa dentro do ducto coclear altera-se.
8. As alterações de pressão na endolinfa movem a membrana espiral basilar levemente. Quando a membrana espiral basilar vibra, as células ciliadas do órgão espiral movem-se contra a membrana tectória. O dobramento dos cílios finalmente leva à geração de impulsos nervosos.

A função das células ciliadas é converter uma força mecânica (estímulo) em um sinal elétrico (impulso nervoso). Acredita-se que isto ocorra deste modo: quando os cílios no topo da célula são movidos, a membrana da célula ciliada despolariza-se, produzindo o potencial gerador. A despolarização espalha-se através da célula e produz a liberação de um neurotransmissor da célula ciliada, que excita uma fibra nervosa sensitiva na base da célula ciliada. A seguir, os impulsos são transmitidos ao nervo coclear do nervo vestibulococlear (VIII) (Figura 12.11) e então à medula oblonga (bulbo). Aqui, a maioria dos impulsos nervosos cruzam para o lado oposto e depois propagam-se para o mesencéfalo, para o tálamo e finalmente para a área auditiva do córtex cerebral no lobo temporal.

As diferenças no tom ocorrem quando as ondas sonoras de várias freqüências fazem regiões diferentes da membrana espiral basilar vibrar mais intensamente do que as outras. A altura é determinada pela intensidade das ondas sonoras. As ondas de alta intensidade causam vibração maior da membrana espiral basilar. Assim, mais células ciliadas são estimuladas e mais impulsos alcançam o encéfalo.

Fisiologia do Equilíbrio

Equilíbrio refere-se a um estado de equilíbrio entre forças oponentes. Existem dois tipos de equilíbrio. O equilíbrio ***estático*** refere-se ao equilíbrio e à postura do corpo (principalmente da cabeça) quando o corpo não está em movimento. O equilíbrio ***dinâmico*** refere-se ao equilíbrio e à postura do corpo (principalmente da cabeça) em resposta aos movimentos de rotação. Os órgãos receptores do equilíbrio estão na orelha interna e são referidos como o ***aparelho vestibular***. Ele inclui o sáculo, o utrículo e os ductos semicirculares.

Equilíbrio Estático

As paredes do utrículo e do sáculo contêm uma região pequena plana denominada ***mácula*** (veja a Figura 12.10b). As máculas são os receptores do equilíbrio estático. As máculas assemelham-se ao órgão espiral (órgão de Corti). Elas consistem de dois tipos de células: ***pilosas*** (***receptoras***) e de ***sustentação*** (Figura 12.12). As células pilosas contêm longas extensões da membrana celular semelhantes a cílios. Flutuando sobre os pêlos (microvilosidades) das células pilosas há uma substância gelatinosa espessa denominada ***membrana das estatocônias*** (***otolítica***). Uma camada de cristais de carbonato de cálcio denominados estatocônias (***otólitos***) (*oto* = orelha; *lithos* = pedra), estende-se sobre toda a superfície da membrana das estatocônias.

A membrana das estatocônias (otolítica) situa-se no topo da mácula. Se você inclinar sua cabeça para a frente, a membrana (as estatocônias ou otólitos) é puxada pela gravidade e desliza em declive, sobre as células pilosas, na direção da inclinação. Isto estimula as células pilosas e finalmente resulta em um impulso nervoso, que então é transmitido ao nervo vestibular do nervo vestibulococlear (VIII) (veja a Figura 12.10b). A maioria das fibras do nervo vestibular penetra no tronco do encéfalo e termina na medula oblonga (bulbo). As fibras restantes entram no cerebelo. As fibras do bulbo enviam impulsos aos nervos cranianos que controlam os movimentos dos olhos, da cabeça e do pescoço. O cerebelo recebe continuamente informações sensitivas atualizadas sobre o equilíbrio estático, do utrículo e do sáculo. Utilizando esta informação, o cerebelo envia impulsos contínuos às demais áreas motoras do encéfalo, fazendo o sistema motor aumentar ou diminuir seus impulsos para os músculos esqueléticos específicos para manter o equilíbrio estático.

Equilíbrio Dinâmico

Os três ductos semicirculares mantêm o equilíbrio dinâmico (veja a Figura 12.10a). Os ductos semicirculares estão posicionados em ângulo reto uns em relação aos outros, nos três planos do espaço. Este posicionamento permite a detecção de um desequilíbrio nos três planos. Na ampola membranácea, a porção dilatada de cada ducto semicular, existe uma pequena elevação denominada crista ampular (Figura 12.13). Cada crista ampilar é composta de um grupo de ***células pilosas*** (***receptoras***) e ***células de sustentação*** recobertas por um material gelatinoso denominado ***cúpula***. Quando a cabeça se move, a endolinfa nos ductos semicirculares flui sobre os pêlos (microvilosidades) e curva-os. O movimento dos pêlos estimula os neurônios sensitivos, e os impulsos resultantes passam para o nervo vestibular do nervo vestibulococlear (VIII). Os impulsos seguem as mesmas vias daquelas do equilíbrio estático e eventualmente são enviados aos músculos que devem-se contrair para manter o equilíbrio e a postura do corpo.

Um resumo das estruturas da orelha relacionadas à audição e ao equilíbrio é apresentado no Quadro 12.3.

Figura 12.12 Localização e estrutura dos receptores nas máculas da orelha direita.

O movimento dos estereocílios finalmente resulta no desenvolvimento de um impulso nervoso.

(a) Estrutura geral de um corte da mácula

(b) Detalhe de uma célula pilosa

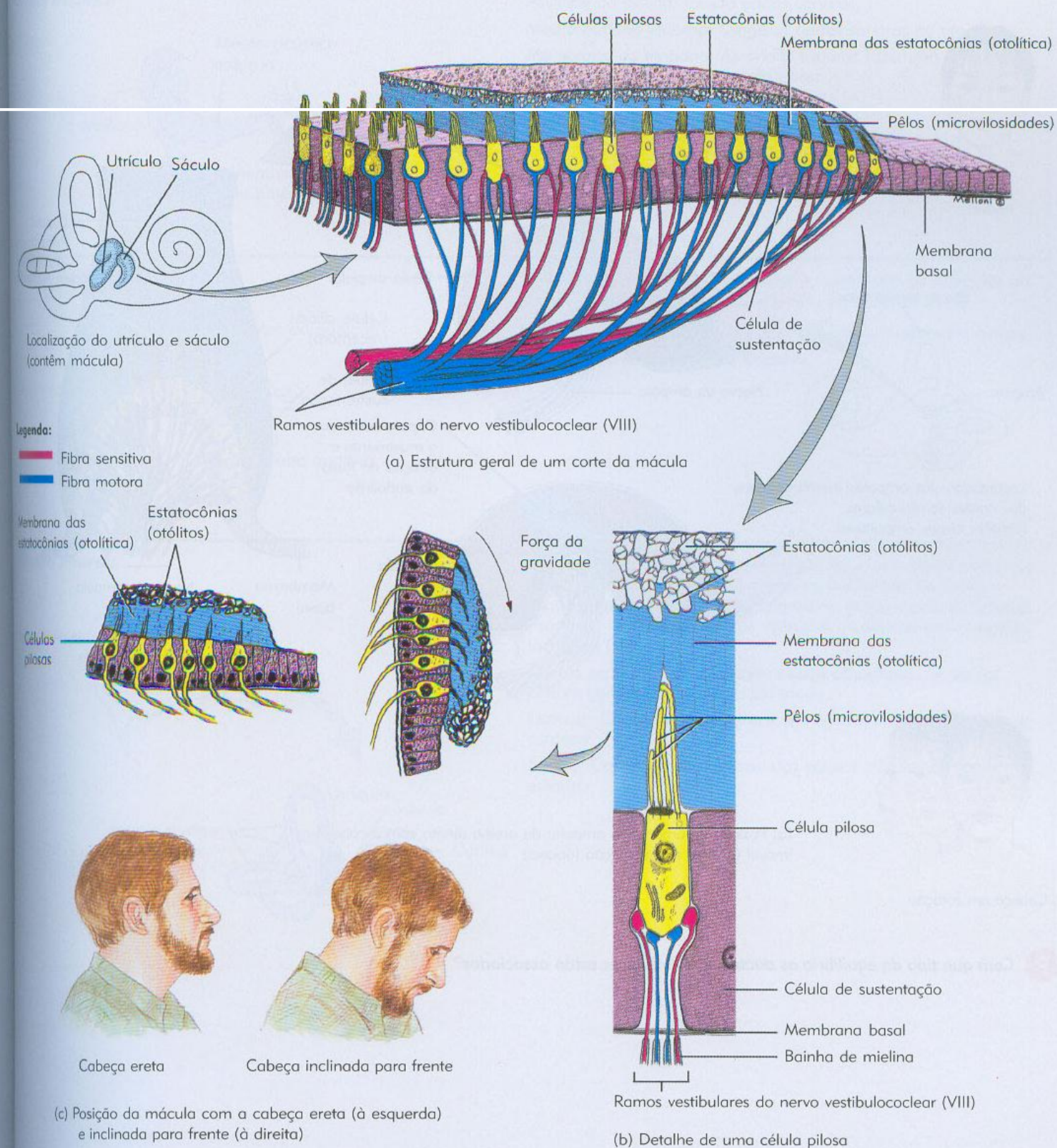
(c) Posição da mácula com a cabeça ereta (à esquerda) e inclinada para frente (à direita)

Com que tipo de equilíbrio as máculas estão mais relacionadas?

Figura 12.13 Ductos semicirculares da orelha direita. Os nervos das ampolas são ramos do nervo (ramo) vestibular do nervo vestibulococlear (VIII).

A posição dos ductos semicirculares permite a detecção dos movimentos de rotação.

Cabeça imóvel

Corte de ampola membranácea no ducto semicircular

Ducto semicircular

Ampola

Localização das ampolas membranáceas dos ductos semicirculares (contêm cristas ampulares)

Crista ampular

Nervo da ampola

Célula ciliada (receptora)

Célula de sustentação

Cúpula sentindo o movimento e direção do fluxo da endolinfa

Ampola

Cúpula

Pêlos (mic vilosidades

Membrana basal

Nervo da ampola

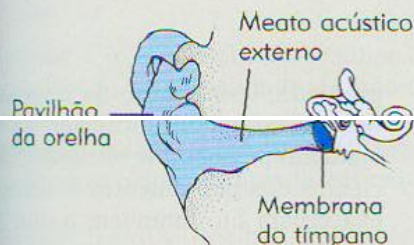
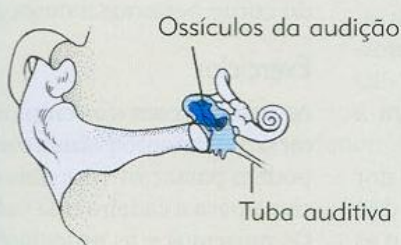
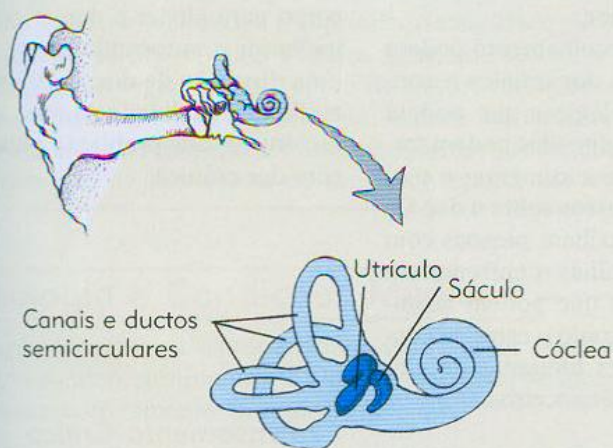
(b) Aspecto aumentado de uma crist ampular da orelha direita

Cabeça em rotação

(a) Posição de uma crista ampular da orelha direita com a cabeça imóvel (acima) e em rotação (abaixo)

P ***Com que tipo de equilíbrio os ductos semicirculares estão associados?***

Quadro 12.3 Resumo das Estruturas da Orelha Relacionadas à Audição e ao Equilíbrio

REGIÕES DA ORELHA E ESTRUTURAS-CHAVE	FUNÇÕES
Orelha externa	*Pavilhão da orelha:* Coleta ondas sonoras. *Meato auditivo externo:* Dirige as ondas sonoras ao tímpano. *Membrana do tímpano:* As ondas sonoras fazem-na vibrar, o que, por sua vez, faz o martelo vibrar.
Orelha média	*Ossículos da audição:* Transmitem e amplificam as vibrações da membrana do tímpano para a janela do vestíbulo (oval). *Tuba auditiva (de Eustáquio):* Iguala a pressão do ar em ambos os lados da membrana do tímpano.
Orelha interna	*Cóclea:* Contém uma série de canais, líquidos e membranas que transmitem as vibrações ao órgão espiral (órgão de Corti), o órgão da audição; as células ciliadas no órgão espiral finalmente produzem impulsos nervosos no nervo coclear do nervo vestibulococlear (VIII). *Ductos semicirculares:* Contêm cristas ampulares, locais das células pilosas do equilíbrio dinâmico. *Utrículo:* Contém mácula, local das células pilosas do equilíbrio estático. *Sáculo:* Contém mácula, local das células ciliadas do equilíbrio estático.

foco no bem-estar

Controle da Dor: Modulação da Sensação

A dor é uma sensação útil quando nos alerta sobre uma lesão que necessita de atenção. Retiramos nossos dedos de um fogão quente, retiramos sapatos muito apertados e repousamos um tornozelo que foi distendido. Fazemos o possível para auxiliar na cura da lesão e, enquanto isso, tomamos analgésicos com ou sem receita médica até que a dor desapareça.

Quando a Dor Não Desaparece

A dor que persiste por mais de dois ou três meses apesar do tratamento clínico ou cirúrgico apropriado é conhecida como dor crônica. As formas mais comuns de dor crônica são a dor na região lombar inferior e as cefaléias.

O câncer, a artrite, a fibromialgia e muitas outras doenças estão associadas à dor crônica. As pessoas que sofrem de dor crônica freqüentemente experimentam frustração crônica, à medida que são enviadas de um especialista para outro em uma tentativa de diagnosticar acuradamente a causa de sua dor. Suas vidas podem transformar-se em pesadelos de temor e preocupação. A Associação Americana de Dor Crônica estima que cerca de 86 milhões de pessoas são afetadas pela dor crônica nos E.U.A.

Programas de controle da dor foram desenvolvidos para ajudar pessoas com dor crônica. Seu objetivo é reduzir a dor o máximo possível, e então ajudar os pacientes a enfrentar a dor residual. Uma vez que nenhum tratamento funciona para todos, os programas de controle da dor tipicamente oferecem uma ampla variedade de tratamentos, de cirurgia e bloqueios nervosos a terapia por acupuntura e exercícios. A seguir, estão algumas das terapias que complementam o tratamento clínico e cirúrgico para o controle da dor crônica.

Aconselhamento

A dor costumava ser encarada como uma resposta puramente física à lesão física. Os fatores psicológicos são considerados atualmente como mediadores importantes na percepção da dor. Sentimentos como medo e ansiedade reforçam a percepção da dor. A dor pode ser usada para evitar certas situações ou para chamar atenção. A depressão e os sintomas associados como os distúrbios do sono podem contribuir para a dor crônica.

A percepção e a interpretação da dor crônica podem afetar a intensidade da dor. Uma interessante pesquisa comparando as experiências de dor em soldados na II Guerra Mundial que voltaram para casa devido aos seus ferimentos e em civis com ferimentos comparáveis devidos à cirurgia, mostrou que os civis experimentaram uma dor significativamente maior.

As técnicas de aconselhamento podem ajudar as pessoas com dor crônica a confrontar aspectos psicológicos que podem estar exacerbando sua dor. Elas podem fornecer apoio psicológico e aumentar a sensação de controle da pessoa sobre a dor. Os terapeutas também auxiliam pessoas com dor crônica e suas famílias a enfrentarem as muitas dificuldades que podem acompanhar a dor crônica, como o estresse conjugal, as oportunidades limitadas de emprego e os problemas financeiros.

Relaxamento e Meditação

As técnicas de relaxamento e meditação podem reduzir a dor diminuindo a ansiedade e dando aos pacientes uma sensação de controle pessoal sobre a dor. Estas técnicas freqüentemente envolvem respiração profunda, visualização de imagens positivas e relaxamento muscular. Elas podem ajudar as pessoas a se tornarem mais conscientes dos pensamentos e situações que exacerbam ou diminuem a dor. Algumas técnicas fornecem uma distração momentânea das sensações de dor. Por exemplo, os pacientes aprendem a reinterpretar a dor para uma sensação de pressão que não dói tanto, ou a imaginar que a parte dolorida do corpo pertence a outra pessoa.

Exercícios

As pessoas com dor crônica tendem a evitar o movimento porque ele causa dor. Elas podem passar os seus dias movendo-se da cama para a cadeira e de volta para a cama. Os músculos e as articulações atrofiam-se, o que eventualmente pode piorar a dor. O exercício regular e melhor condicionamento auxiliam a aliviar a dor. Por quê? O exercício pode estimular a produção de endorfinas, substâncias químicas produzidas pelo corpo para aliviar a dor. O exercício pode melhorar a autoconfiança ou servir como uma distração da dor. O exercício também melhora a qualidade do sono, que freqüentemente é um problema para as pessoas com dor crônica.

Pensamento Crítico

Em que parte do sistema nervoso as técnicas de relaxamento têm efeito? Como você acha que elas obtêm esse efeito?

Por que a ergonomia pode ser parte de um programa de controle da dor?

Doenças Comuns

Catarata

Uma ***catarata***, que significa "queda de água", é uma opacificação da lente (cristalino) ou sua cápsula, de modo que ela se torna opaca ou branca leitosa.

Glaucoma

Glaucoma é uma pressão intra-ocular (PIO) anormalmente elevada, devido a um acúmulo de humor aquoso dentro da câmara anterior do bulbo do olho. O glaucoma pode progredir da disfunção visual leve até um ponto em que os neurônios da retina são destruídos, resultando em cegueira.

Conjuntivite (Olho Vermelho)

A ***conjuntivite*** é uma inflamação da túnica conjuntiva, que é a membrana que reveste a superfície interna das pálpebras e cobre a córnea. A conjuntivite causada por bactéria é muito contagiosa; a conjuntivite causada por poeira, fumaça e poluentes no ar não é contagiosa.

Tracoma

O ***tracoma*** é uma forma séria de conjuntivite crônica contagiosa, que é causada por uma bactéria denominada *Chlamydia trachomatis*.

Surdez

A ***surdez*** é a perda significativa ou total da audição. Ela pode ser causada por uma disfunção da cóclea ou nervo (ramo) coclear do nervo vestibulococlear (VIII), ou por disfunção dos mecanismos das orelhas externa e média para transmitir os sons à cóclea. Entre os fatores que contribuem para a surdez estão a aterosclerose, que reduz o suprimento sangüíneo para as orelhas; a exposição repetida a ruídos altos, que destrói as células ciliadas do órgão espiral (órgão de Corti); certas drogas, como a aspirina e a estreptomicina; cerume impactado; lesão da membrana do tímpano; e o envelhecimento, que resulta no espessamento da membrana do tímpano, rigidez das articulações dos ossículos da audição (auditivos) e números diminuídos de células ciliadas, devido à divisão celular reduzida.

Doença do Labirinto

A ***doença do labirinto*** refere-se a um mau funcionamento da orelha interna que é caracterizado por surdez, zumbido (ruído contínuo e subjetivo na orelha), vertigem (sensação rotatória), náusea e vômito. Também pode haver visão borrada, nistagmo (movimento rápido e involuntário dos olhos) e uma tendência para cair em uma certa direção.

Síndrome de Ménière

A ***síndrome de Ménière*** é caracterizada por uma quantidade aumentada de endolinfa, que dilata a orelha interna. Entre os sintomas estão a perda de audição, ataques de vertigem e zumbido intenso. A causa da síndrome de Ménière é desconhecida.

Vertigem

Vertigem (*vertex* = redemoinho) é uma sensação de giro ou movimento em que o mundo está girando ou a pessoa está girando no espaço.

Otite Média

A ***otite média*** é uma infecção bacteriana aguda da orelha média. Ela é caracterizada por dor, mal-estar, febre e uma membrana do tímpano avermelhada e abaulada para fora, a qual pode-se romper sem tratamento imediato.

Cinetose

A cinetose é um distúrbio funcional desencadeado pelo movimento repetitivo e caracterizada por vários sintomas, primariamente náusea e vômito. A causa é a estimulação excessiva do aparelho vestibular. Os impulsos nervosos passam da orelha interna ao centro do vômito no bulbo, e este causa a náusea e o vômito.

Terminologia e Condições Médicas

Ametropia (*ametro* = desproporcional; *ops* = olho) Defeito de refração do olho, resultando em uma incapacidade de focalizar imagens corretamente na retina.

Audiômetro (*audire* = ouvir; *metron* = medir) Um instrumento usado para medir a audição, produzindo estímulos acústicos de freqüência e intensidade conhecidas.

Blefarite (*blepharo* = pálpebra; *itis* = inflamação de) Uma inflamação da pálpebra.

Discinesia (*dys* = difícil; *kinesis* = movimento) Anormalidade da função motora caracterizada por movimentos involuntários sem propósito.

Sapingite (***Eustaquite***) Uma inflamação ou infecção da tuba auditiva (de Eustáquio).

Exotropia (*ex* = para fora; *tropia* = volta) Voltar (deslocar) os olhos para fora.

Cinestesia (*aisthesis* = sensação) O sentido de preparação do movimento.

Labirintite Uma inflamação da orelha interna.

Midríase Pupila dilatada.

Miringite (*myringa* = tímpano) Uma inflamação da membrana do tímpano; também denominada ***timpanite***.

Nistagmo (*nystazein* = balançar) Um movimento involuntário rápido dos olhos.

Otalgia (*oto* = orelha; *algia* = dor) Dor de ouvido.

Otosclerose (*oto* = orelha; *sclerosis* = endurecimento) Processo patológico que pode ser hereditário em que um novo osso é depositado em torno da janela do vestíbulo (oval). O resultado pode ser a imobilização do estribo, levando à surdez.

Fotofobia (*photo* = luz; *phobia* = medo) Intolerância visual anormal à luz.

Ptose (*ptosis* = queda) Queda ou posição pendente da pálpebra. (Este termo também é usado para o deslizamento de qualquer órgão abaixo de sua posição normal.)

Retinoblastoma (*blast* = botão; *oma* = tumor) Um tumor que se origina das células retinianas imaturas e responsável por 2% da malignidade do tumor na infância.

Escotoma (*scotoma* = escuridão) Uma área de visão reduzida ou perdida no campo visual. Também denominado ponto cego (além do ponto cego normal ou disco do nervo óptico).

Estrabismo Um desequilíbrio nos músculos extrínsecos do olho que uma pessoa não pode superar. No ***estrabismo convergente,*** os eixos visuais convergem. No ***estrabismo divergente***, os eixos visuais divergem. A ambliopia é o termo usado para descrever a perda de visão em um olho sob outros aspectos normal que, devido ao desequilíbrio muscular, não pode focalizar em sincronia com o outro olho.

Zumbido Um ruído contínuo e subjetivo na orelha, como o estímulo por insetos.

Resumo dos Estudos

Sensibilidade e Sensação (p. 260)

Definição (p. 260)

1. Sensibilidade é a propriedade de percepção consciente ou inconsciente das condições externas e internas do corpo. Sensação é a impressão física causada no corpo.
2. Os pré-requisitos para uma sensação ocorrer são a recepção de um estímulo, a conversão do estímulo em um impulso nervoso por um receptor, a condução do impulso ao cérebro e a integração (interpretação) do mesmo em uma sensação por uma região do cérebro.
3. Cada estímulo é capaz de despolarizar a membrana de um receptor. Isto é denominado potencial gerador.

Características (p. 260)

1. A projeção ocorre quando o cérebro refere uma sensação ao ponto de estimulação.
2. Adaptação é a perda da sensação mesmo que o estímulo ainda esteja sendo aplicado.
3. A pós-imagem é a persistência da sensação mesmo após o estímulo ser removido.
4. Modalidade é a propriedade pela qual uma sensação é diferenciada de outra.

Classificação dos Receptores (p. 260)

1. De acordo com a localização, os receptores são classificados em exteroceptores, interoceptores e proprioceptores.
2. Com base no tipo de estímulo detectado, os receptores são classificados em mecanoceptores, termoceptores, nociceptores, fotorreceptores e quimioceptores.
3. Em termos de simplicidade ou complexidade, os receptores simples estão associados à sensibilidade geral, e os receptores complexos estão associados com a sensibilidade especial.

Sensibilidade Geral (p. 261)

Sensibilidade Cutânea (p. 261)

1. A sensibilidade cutânea inclui as sensações táteis (tato e pressão), as sensações térmicas (calor e frio) e de dor. Os receptores para estas sensações estão localizados na pele, no tecido conjuntivo abaixo da pele e na túnica mucosa da boca e no canal anal.
2. Os receptores do tato são terminações nervosas no folículo do pêlo, mecanoceptores cutâneos tipo I (discos táteis ou corpúsculos de Merkel) e corpúsculos do tato (corpúsculos de Meissner). Os receptores da pressão são mecanoceptores cutâneos tipo II (corpúsculos de Ruffini) e corpúsculos lamelados (de Vater-Pacini).
3. Os termoceptores, que são terminações nervosas livres, adaptam-se à estimulação contínua.
4. Os receptores de dor (nociceptores) estão localizados em quase todos os tecidos do corpo.
5. A dor referida é sentida na pele perto ou longe do órgão que está enviando os impulsos da dor.
6. A dor fantasma é a sensação de dor em um membro que foi amputado.

Sensibilidade Proprioceptiva (p. 263)

1. Os receptores localizados nos músculos esqueléticos, nos tendões, dentro e em torno das articulações sinoviais e na orelha interna conduzem os impulsos relacionados ao tônus muscular, movimento das partes do corpo e posição do corpo.
2. Os receptores incluem fusos neuromusculares, fusos neurotendinosos (órgãos tendinosos de Golgi), receptores cinestésicos articulares e as máculas e as cristas ampulares na orelha interna.

Sensibilidade Olfatória (p. 263)

1. Os receptores para olfação (receptores olfatórios) estão no epitélio olfatório, na cavidade do nariz.
2. As substâncias, para serem cheiradas, devem ser gasosas, hidrossolúveis e lipossolúveis.
3. Os receptores olfatórios conduzem os impulsos ao nervo olfatório (I), ao bulbo olfatório, ao tracto olfatório e à área olfatória no córtex cerebral do lobo temporal.

Sensibilidade Gustatória (p. 264)

1. Os receptores para a gustação (receptores gustatórios) estão localizados nos calículos gustatórios (botões gustativos).

2. Para sentir o gosto das substâncias, elas devem estar em solução na saliva.
3. Os quatro sabores primários são salgado, doce, ácido e amargo.
4. As células gustatórias conduzem os impulsos aos nervos cranianos VII, IX e X, medula oblonga (bulbo), tálamo e área gustatória primária no córtex cerebral do lobo parietal.

Sensibilidade Visual (p. 266)

1. As estruturas acessórias do olho incluem os supercílios, as pálpebras, os cílios e o aparelho lacrimal.
2. O olho é constituído de três camadas: (a) túnica fibrosa (esclera e córnea), (b) túnica vascular (coróide, corpo ciliar e íris) e (c) retina (túnica interna, nervosa), que contém bastonetes e cones.
3. As câmaras anterior e posterior contêm o humor aquoso; a câmara vítrea contém o corpo vítreo.
4. Os meios refrativos do olho são a córnea e a lente.
5. A formação de imagem na retina envolve a refração de luz, a acomodação da lente, a constrição da pupila, a convergência e a formação de imagem invertida.
6. A refração imprópria pode resultar de miopia (visão "curta"), hipermetropia (misão "longa") e astigmatismo (anormalidades da córnea ou da lente).
7. Os bastonetes e os cones desenvolvem potenciais geradores, e as células ganglionares iniciam os impulsos nervosos.
8. Os impulsos das células ganglionares são enviados através da retina ao nervo óptico (II), ao quiasma óptico, ao tracto óptico, ao tálamo e à área visual no córtex cerebral do lobo occipital.

Sensibilidade Auditiva e do Equilíbrio (p. 273)

1. A orelha consiste de três subdivisões anatômicas: (a) orelha externa (pavilhão, meato acústico externo e membrana do tímpano), (b) orelha média [tuba auditiva ou de Eustáquio, ossículos, janela do vestíbulo (oval) e janela da cóclea (redonda)] e (c) orelha interna (labirinto ósseo e labirinto membranáceo). A orelha interna contém o órgão espiral (de Corti), o órgão da audição.
2. As ondas sonoras penetram no meato acústico externo, atingem a membrana do tímpano, passam através dos ossículos, atingem a janela do vestíbulo (oval), produzem ondas na perilinfa, atingem a membrana vestibular e a rampa do tímpano, aumentam a pressão na endolinfa, atingem a membrana espiral basilar e estimulam os cílios no órgão espiral. Então, um impulso nervoso é iniciado.
3. O equilíbrio estático é a orientação do corpo relativa à força da gravidade. As máculas do utrículo e do sáculo são os órgãos dos sentidos do equilíbrio estático.
4. O equilíbrio dinâmico é a manutenção da posição do corpo em resposta ao movimento. As cristas ampulares nos ductos semicirculares são os órgãos dos sentidos do equilíbrio dinâmico.

Auto-avaliação

1. Combine os receptores com suas funções.

__ a. visão das cores	A. corpúsculo lamelado (de Vater-Pacini)
__ b. gosto	B. mecanoceptor cutâneo tipo I (corpúsculo de Merkel)
__ c. olfato	C. bastonetes
__ d. equilíbrio dinâmico	D. nociceptores
__ e. visão em luz fraca	E. receptores gustatórios
__ f. distensão de um músculo	F. receptores olfatórios
__ g. equilíbrio estático	G. fusos neuromusculares
__ h. pressão	H. máculas
__ i. tato epicrítico (discriminativo)	I. cristas ampulares
__ j. detecção da dor	J. cones

2. Qual dos seguintes tipos de receptor seria considerado interoceptor?
a. fotoceptores b. calículos gustatórios (botões gustativos) c. pressoceptores nos vasos sangüíneos d. receptores táteis e. proprioceptores nos músculos e nas articulações
3. Qual das seguintes NÃO é uma condição requerida para uma sensação ocorrer?
a. a presença de um estímulo b. a persistência das pós-imagens c. um receptor especializado para detectar um estímulo d. um neurônio sensitivo para conduzir um impulso e. uma região do encéfalo para integrar o impulso nervoso
4. Quais dos seguintes receptores sensoriais respondem virtualmente a qualquer tipo de estímulos excessivos?
a. corpúsculos lamelados (de Vater-Pacini) b. nociceptores (receptores da dor) c. termoceptores d. interceptores e. proprioceptores
5. Qual das seguintes opções NÃO é uma sensação tátil?
a. calor b. tato protopático (grosseiro) c. pressão d. vibração e. tato epicrítico (discriminativo)
6. O equilíbrio e as atividades dos músculos e das articulações são monitorados por
a. proprioceptores b. receptores olfatórios c. nociceptores d. receptores táteis e. receptores gustatórios
7. Qual dos seguintes pares não está combinado corretamente?
a. exteroceptores – meio externo b. proprioceptores – posição do corpo c. nociceptores – dor d. termoceptores – calor e frio e. interoceptores – orelha interna
8. Coloque os seguintes eventos relacionados à via visual em ordem correta:
1. Os potenciais de ação saem do olho através do nervo óptico (II).
2. Os neurônios terminam no tálamo.
3. A luz atinge a retina.
4. Os bastonetes e os cones são estimulados.
5. Sinapses ocorrem no tálamo e continuam até a área visual primária do córtex cerebral, no lobo occipital.
6. Os neurônios bipolares e as células ganglionares desenvolvem potenciais de ação.

a. 4, 1, 2, 5, 6, 3 b. 5, 4, 1, 3, 2, 6 c. 5, 4, 3, 1, 2, 6 d. 3, 4, 6, 1, 2, 5 e. 3, 4, 5, 6, 1, 2

9. Das seguintes opções, qual é verdadeira sobre a tuba auditiva (de Eustáquio)?
a. Ela iguala a pressão em ambos os lados da membrana do tímpano. b. Ela está cheia de um líquido denominado endolinfa. c. Ela está relacionada ao equilíbrio e ao balanço (estabilidade). d. Ela é o limite entre a orelha externa e a média. e. É por onde as ondas sonoras são dirigidas para a cóclea.
10. O labirinto ósseo da orelha interna é dividido em três áreas principais. Elas são
a. cóclea, sáculo, utrículo b. ducto coclear, rampa do vestíbulo, rampa do tímpano. c. vestíbulo, canais semicirculares, membrana do tímpano d. vestíbulo, cóclea, canais semicirculares e. vestíbulo, cóclea, membrana do tímpano
11. Você está sentado em sua mesa e derruba um lápis. Quando se inclina para pegá-lo, o que está ocorrendo em sua orelha interna?
a. As células pilosas na mácula estão respondendo às alterações no equilíbrio estático. b. As cristas ampulares de cada ducto semicircular estão respondendo às alterações no equilíbrio dinâmico. c. As células ciliadas na cóclea estão respondendo a alterações no equilíbrio dinâmico. d. Nada ocorre pois a gravidade é constante. e. Nada ocorre até que você caia da cadeira.
12. A sensação de dor no braço esquerdo em resposta a um ataque cardíaco é denominada
a. dor fantasma b. dor referida c. pós-imagem d. projeção e. adaptação
13. A porção não-vascular e transparente da túnica fibrosa é
a. túnica conjuntiva b. esclera c. pupila d. lente (cristalino) e. córnea
14. A túnica vascular NÃO inclui qual das seguintes estruturas?
a. seio venoso da esclera (canal de Schlemm) b. coróide c. músculo ciliar d. processo ciliar e. íris
15. A pressão intra-ocular é produzida principalmente por
a. ligamento suspensor da lente b. corpo ciliar c. humor aquoso d. câmara vítrea e. aparelho lacrimal
16. A incapacidade de focalizar corretamente os objetos próximos devido à perda da elasticidade da lente com a idade é denominada
a. astigmatismo b. ponto cego c. presbiopia d. emetropia e. catarata
17. O órgão da audição
a. está localizado na orelha média b. também é conhecido como órgão espiral (de Corti) c. é estimulado pelo movimento das estatocônicas (otólitos) d. é a membrana do tímpano e. envia impulsos ao córtex cerebral do lobo occipital

Aplicação do Pensamento Crítico

1. Quando alguém bate a parte posterior da cabeça durante uma queda, algumas vezes "vê estrelas". Se isto não é causado pela visão de estrelas no céu, qual é a causa deste efeito?
2. Discuta como os dois tipos de fotorreceptores na retina diferem em localização e função. Use sua explicação para explicar o que ocorre quando você "olha pelo canto do olho".
3. Quando você entra pela primeira vez em um laboratório de química, o odor é bastante forte. Após vários minutos, o odor no laboratório dificilmente é notado. O que ocorreu ao odor, ou alguma coisa ocorreu a você?
4. Aposto que você nunca viu um coelho de óculos. As cenouras contêm o pigmento caroteno, que o corpo converte em vitamina A. Que papel a vitamina A desempenha na visão?
5. Cliff trabalha no turno da noite, e algumas vezes dorme nas aulas de Anatomia. Qual é o efeito nas estruturas de sua orelha interna quando sua cabeça cai para trás e ele afunda em seu assento?
6. Quando Bruce assiste a uma aula teórica de Anatomia, "entra por uma orelha e sai pela outra". Trace a via das ondas sonoras a partir da orelha externa até a saída do nervo craniano da orelha interna.

Respostas às Perguntas das Figuras

12.1 Corpúsculos do tato (corpúsculos de Meissner).
12.2 Tractos olfatórios.
12.3 Receptores gustatórios; nervos cranianos VII, IX e X; bulbo; tálamo; área gustatória primária no córtex cerebral do lobo parietal.
12.4 A lágrima contêm água, sais, algum muco e lisozima. A lágrima limpa, lubrifica e umedece o olho.
12.5 Bastonete; cone.
12.6 O músculo ciliar contrai-se – o ligamento suspensor da lente relaxa-se – a lente encurta-se, espessa e abaula-se, e refrata a luz mais agudamente.
12.7 A perda de elasticidade da lente que ocorre com o envelhecimento.
12.8 Retina – nervo óptico (nervo craniano II) – quiasma óptico – tracto óptico – tálamo – área visual primária no do córtex cerebral lobo occipital.
12.9 Orelha interna: cóclea (audição) e ductos semicirculares (equilíbrio).
12.10 A membrana do tímpano separa a orelha externa da orelha média. As janelas do vestíbulo (oval) e da cóclea (redonda) separam a orelha média da orelha interna.
12.11 Para converter uma força mecânica (estímulo) em um sinal elétrico (impulso nervoso).
12.12 Equilíbrio estático.
12.13 Equilíbrio dinâmico.

O Sistema Endócrino

objetivos do aprendizado

uma visão geral

Por volta dos 12 anos, à medida que entram na puberdade, meninos e meninas começam a desenvolver diferenças marcantes na sua aparência física e comportamento. Durante esse período, o impacto dos sistemas nervoso e endócrino no direcionamento desse desenvolvimento e a regulação das funções corporais é claramente evidente. Mudanças no cérebro e na hipófise aumentam pronunciadamente a síntese de hormônios sexuais das gônadas (ovários nas mulheres e testículos nos homens). Nas meninas, o tecido adiposo começa a acumular-se nos seios e nos quadris. Ao mesmo tempo, ou um pouco mais tarde nos meninos, aumenta a síntese proteica, cresce a massa muscular e as pregas vocais mais longas e maiores produzem uma voz mais grave. Essas alterações ilustram apenas uns poucos exemplos da influência poderosa das secreções das glândulas endócrinas.

Glândulas Endócrinas

O corpo contém dois tipos de glândulas: exócrinas e endócrinas. As ***glândulas exócrinas*** (*ex* = externa; *prinenin*= secretar), tais como as glândulas sudoríparas, sebáceas, mucosas e digestivas secretam seus produtos em ductos que transportam as secreções para as cavidades ou superfícies do corpo. As ***glândulas endócrinas*** (*endo* = interna), em contraste, não possuem ductos. Elas secretam seus produtos – chamados de hormônios – no espaço extracelular ao redor das células secretoras. Dali, os hormônios difundem-se aos capilares e são transportados pelo sangue. As glândulas endócrinas (Figura13.1) constituem o ***sistema endócrino*** e incluem a hipófise, a glândula tireóide, as glândulas paratireóides, as glândulas supra-renais, as adrenais, a glândula pineal e o timo. Adicionalmente, muitos órgãos do corpo contêm tecido endócrino mas não são glândulas exclusivamente endócrinas. Esses incluem o hipotálamo, o pâncreas, os ovários, os testículos, os rins, o estômago, o fígado, o intestino delgado, a pele, o coração e a placenta (durante a gestação).

A ciência relacionada à estrutura e às funções das glândulas endócrinas e do tecido endócrino, bem como ao diagnóstico e ao tratamento de doenças do sistema endócrino é chamada de ***endocrinologia***.

Comparação entre os Sistemas Nervoso e Endócrino

Objetivo: *Comparar as funções dos sistemas nervoso e endócrino na manutenção da homeostase.*

Juntos, os sistemas nervoso e endócrino coordenam as funções de todos os sistemas corporais. O sistema nervoso controla a homeostase por meio através de impulsos nervosos que dão início à liberação de moléculas neurotransmissoras. O resultado é a excitação ou a inibição de outros neurônios, fibras musculares ou céls glandulares. Em contraste, o sistema endócrino libera suas molécu las mensageiras, chamadas de ***hormônios*** (*hormon* = urgênci na corrente sangüínea. Um hormônio é uma secreção do teci endócrino que altera a atividade fisiológica de outros tecidos. sistema cardiovascular (circulatório), então, distribui os hormôni às células de todo o corpo.

Os sistemas nervoso e endócrino são coordenados como u supersistema em cadeia. Certas partes do sistema nervoso estim lam ou inibem a liberação dos hormônios. Os hormônios, por s vez, podem promover ou inibir a geração de impulsos nervosos. certas moléculas, por exemplo, a noradrenalina, atuam com hormônio em certos locais e como neurotransmissores em outr

O sistema nervoso causa contrações musculares e secreç glandular com maior ou menor quantidade de seus produtos. sistema endócrino altera as atividades metabólicas, regula o cre cimento e o desenvolvimento e guia os processos reprodutiv Assim, ele não só auxilia na regulação da atividade do músc liso, do músculo cardíaco e de algumas glândulas, como afeta vi tualmente todos os outros tecidos.

Os impulsos nervosos mais freqüentemente produzem ef tos após uns poucos milissegundos. Enquanto alguns hormôni podem agir em segundos, outros podem levar várias horas ou m para produzir resposta. Também, os efeitos da ativação do sistem nervoso são geralmente mais breves que os efeitos produzidos pe sistema endócrino.

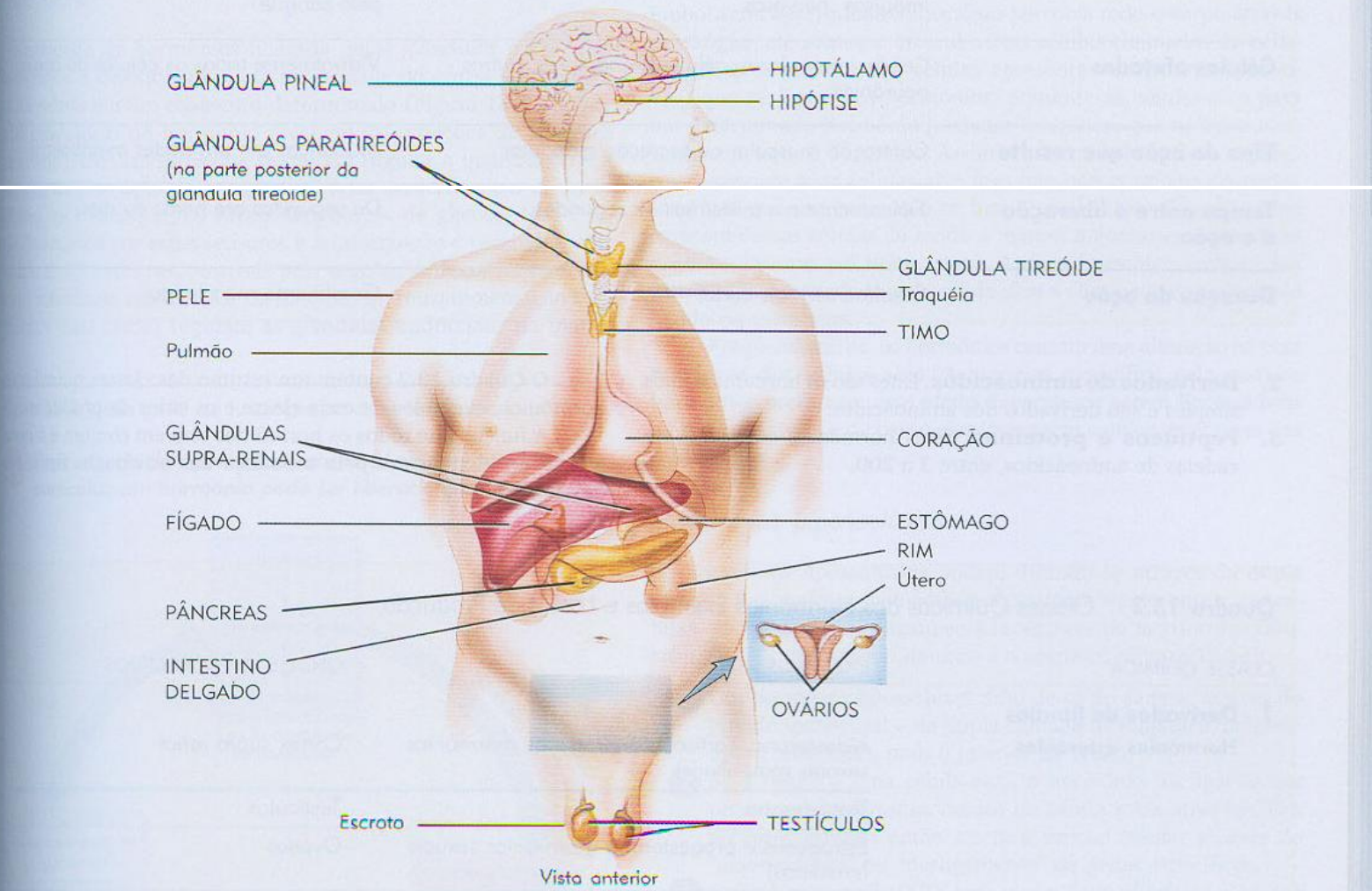
Uma comparação entre a regulação nervosa e endócrina d homeostase é apresentada no Quadro 13.1.

Visão Geral dos Efeitos Hormonais

Embora os ***efeitos hormonais*** sejam muitos e variados, sua ações podem ser categorizadas em sete grandes áreas:

1. Os hormônios regulam a composição química e o volume d meio interno (fluido extracelular).
2. Os hormônios ajudam a regular o metabolismo e o equilíbri energético.
3. Os hormônios ajudam a regular a contração das fibras mu culares lisas e cardíacas e a secreção glandular.
4. Os hormônios auxiliam na manutenção da homeostase ap sar das interrupções emergenciais do meio, tais como infec ção, traumatismo, estresse emocional e desidratação.
5. Os hormônios regulam certas atividades do sistema imunoló gico.
6. Os hormônios têm um papel importante na integração su ve, seqüencial do crescimento e do desenvolvimento.
7. Os hormônios contribuem com os processos básicos de re produção, incluindo a produção de gametas (ovócito espermatozóides), a nutrição do embrião e do feto e o part

Figura 13.1 Localização de muitas glândulas endócrinas, outros órgãos contendo tecido endócrino e de estruturas associadas.

As glândulas endócrinas secretam hormônios que se difundem no sangue para seu transporte aos tecidos-alvo.

Qual a diferença básica entre uma glândula endócrina e uma glândula exócrina?

Química dos Hormônios

Objetivo: *Distinguir os hormônios com base em sua química.*

Quimicamente, há três classes gerais de hormônios (veja o Quadro 13.2): (1) derivados lipídicos, (2) derivados de aminoácidos e (3) peptídeos e proteínas.

1. **Derivados lipídicos**. Existem dois grupos de hormônios que são derivados dos lipídios: os hormônios esteróides e os eicosanóides. Os ***hormônios esteróides*** são derivados do colesterol. Os ***eicosanóides*** são derivados de um ácido graxo. Duas famílias de eicosanóides, as ***prostaglandinas*** e os ***leucotrienos*** atuam como hormônios locais na maioria dos tecidos do corpo. Isto significa que seu sítio de ação é a área próxima na qual eles são produzidos. Os leucotrienos são importantes na inflamação dos tecidos. As prostaglandinas são importantes na fisiologia normal do músculo liso (tal como a contração uterina), no fluxo sangüíneo, na reprodução, na função plaquetária, na transmissão do impulso nervoso e na resposta imune. As prostaglandinas também ajudam a induzir a inflamação, promover a febre e intensificar a dor. Drogas como a aspirina e o ibuprofeno (*Motrin*) inibem a síntese de prostaglandinas e assim reduzem a febre e diminuem a dor.

Quadro 13.1 Comparação entre a Regulação da Homeostase pelo Sistema Nervoso e pelo Sistema Endócrino

CARACTERÍSTICA	SISTEMA NERVOSO	SISTEMA ENDÓCRINO
Mecanismo de controle	Liberação de neurotransmissores em resposta a impulsos nervosos.	Hormônios levados aos tecidos do corpo pelo sangue.
Células afetadas	Células musculares, células glandulares, outros neurônios.	Virtualmente todas as células do corpo.
Tipo de ação que resulta	Contração muscular ou secreção glandular.	Mudanças em atividades metabólicas.
Tempo entre a liberação e a ação	Tipicamente em milésimos de segundos.	De segundos até horas ou dias.
Duração da ação	Geralmente mais curta.	Geralmente mais longa.

2. **Derivados de aminoácidos**. Estes são os hormônios mais simples e são derivados dos aminoácidos.
3. **Peptídeos e proteínas**. Estes hormônios consistem de cadeias de aminoácidos, entre 3 a 200.

O Quadro 13.2 contém um resumo das classes químicas dos hormônios, exemplos de cada classe e os sítios de produção.

A função que todos os hormônios têm em comum é a manutenção da homeostase pela mudança das atividades fisiológicas das células.

Quadro 13.2 Classes Químicas dos Hormônios Exemplos e Locais de Produção

CLASSE QUÍMICA	EXEMPLOS	ONDE SÃO PRODUZIDOS
1. Derivados de lipídios		
Hormônios esteróides	Aldosterona, cortisol e andrógenos (hormônios sexuais masculinos)	Córtex supra-renal
	Testosterona	Testículos
	Estrógenos e progesterona (hormônios sexuais femininos)	Ovários
Eicosanóides	Prostaglandinas e leucotrienos	Todas as células, exceto as células sangüíneas vermelhas (eritrócitos)
2. Derivados de aminoácidos	T_3 e T_4 (hormônios tireóideos)	Glândula tireóide (células foliculares)
	Adrenalina (epinefrina) e noradrenalina (norepinefrina)	Medula supra-renal
3. Peptídeos e proteínas	Todos os hormônios hipotalâmicos excitatórios e inibitório	Hipotálamo
	Ocitocina, hormônio antidiurético	Hipotálamo
	Todos os hormônios da adeno-hipófise	Adeno-hipófise
	Insulina, glucagon	Pâncreas

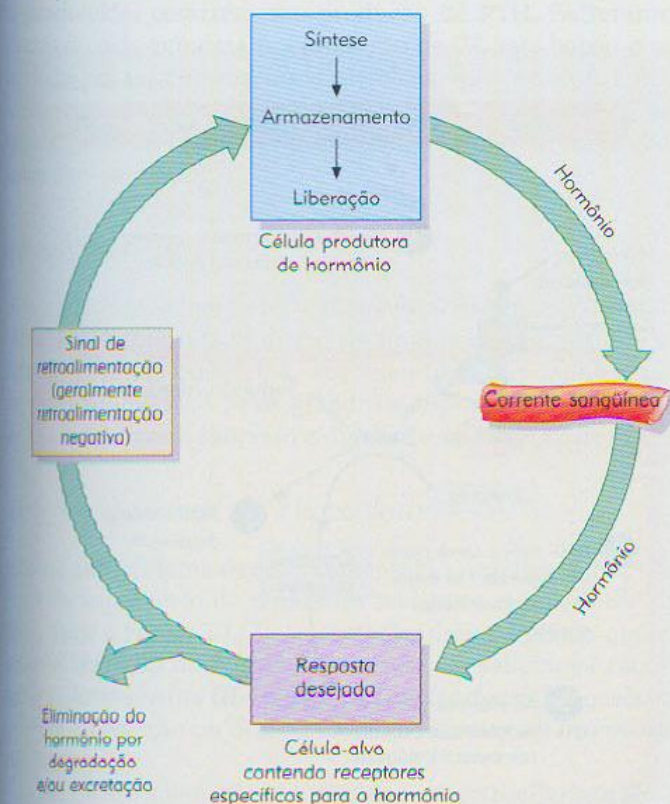
Mecanismo de Ação Hormonal

Objetivo: *Explicar como os hormônios agem nas células do corpo.*

Visão Geral

A quantidade de hormônios liberada pelas glândulas ou tecidos endócrinos é determinada pela *necessidade* do corpo em relação ao hormônio em um momento determinado (Figura 13.2). As células produtoras de hormônio recebem informações de sistemas sensitivos e sinalizadores que permitem regular a quantidade e a duração da liberação do hormônio. Várias características do meio interno, por exemplo, os níveis sangüíneos de glicose, Na^+ e O_2 são detectados por estes sensores e a informação é recebida pelas células endócrinas responsáveis pela regulação dessa característica ou substância específicas. Os sistemas de retroalimentação (explicados mais tarde) regulam as glândulas endócrinas na manutenção da produção normal de hormônios de modo que não há superprodução ou subprodução de um hormônio.

Figura 13.2 Visão geral da fisiologia do sistema endócrino.

Dependendo da necessidade corporal em um período particular, um hormônio pode ser liberado ou inibido.

Quais órgãos eliminam hormônios que são degradados assim que tenham concluído sua função?

Receptores

Embora um determinado hormônio percorra todo o corpo através do sangue, ele somente afetará certas células chamadas de ***células-alvo***. A maioria das células apresenta ***receptores*** (proteínas) que se ligam aos hormônios. Somente as células-alvo para um determinado hormônio possuem receptores que se ligam e reconhecem aquele hormônio. Assim sendo, cada hormônio influenciará somente suas células-alvo mas não outras células do corpo. Uma vez que um hormônio se liga à célula-alvo, ele causa uma resposta dessas células de modo a manter algumas características do meio interno em homeostase. Após o hormônio realizar sua função, ele é degradado pela célula-alvo e eliminado do corpo pelo fígado ou pelos rins.

Freqüentemente, os hormônios causam uma alteração na taxa funcional das células-alvo. A maneira específica pela qual os hormônios produzem esse efeito depende de serem lipossolúveis ou hidrossolúveis e de como eles interagem com os receptores das células-alvo.

Hormônios Lipossolúveis

Os hormônios lipossolúveis podem difundir-se através da dupla camada fosfolipídica da membrana plasmática para entrar nas células. Estes hormônios ligam-se a receptores no *interior* das células-alvo. Seu mecanismo de ação é o seguinte (Figura 13.3a):

1. Um hormônio lipossolúvel difunde-se do sangue através do líquido intersticial e da dupla camada fosfolipídica da membrana plasmática para o interior da célula.
2. Se a célula é uma célula-alvo, o hormônio irá ligar-se aos receptores localizados dentro da célula e irá ativá-los. Um receptor ativado então altera a função celular através do "acionamento" ou "desligamento" de genes específicos.
3. O RNA mensageiro (RNAm) recém-formado deixa o núcleo e entra no citossol. Lá, ele direciona a síntese de novas proteínas.
4. As novas proteínas alteram a atividade celular e causam as respostas fisiológicas daquele hormônio.

Hormônios Hidrossolúveis

Certos hormônios, tais como aqueles na forma de peptídeos e proteínas, não são lipossolúveis e assim não podem difundir-se através da dupla camada de fosfolipídios da membrana plasmática. Os receptores para esses hormônios hidrossolúveis são as proteínas integrais da membrana plasmática. Já que o hormônio libera sua mensagem na membrana plasmática, ele é chamado de ***primeiro mensageiro***. Um ***segundo mensageiro*** é necessário para a

transmissão da mensagem ao interior da célula, onde respostas estimuladas por hormônios podem ocorrer.

Um segundo mensageiro é o ***AMP cíclico (AMPc)***. Ele é sintetizado a partir do ATP, a principal molécula fornecedora de energia nas células. O AMP cíclico e outros segundos mensageiros, então, alteram as funções celulares de maneira específica.

Um mecanismo típico de ação de um hormônio hidrossolúvel é o seguinte (Figura 13.3b):

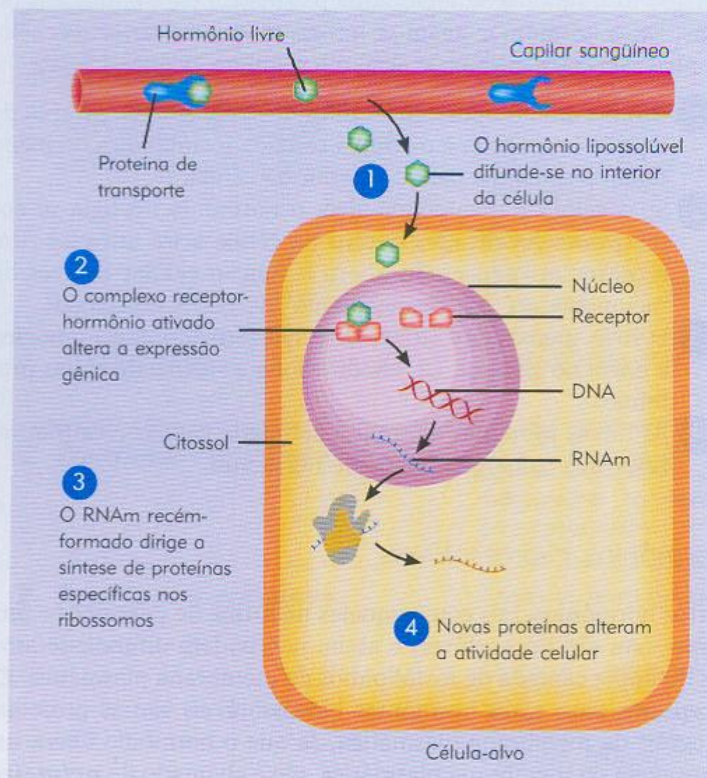
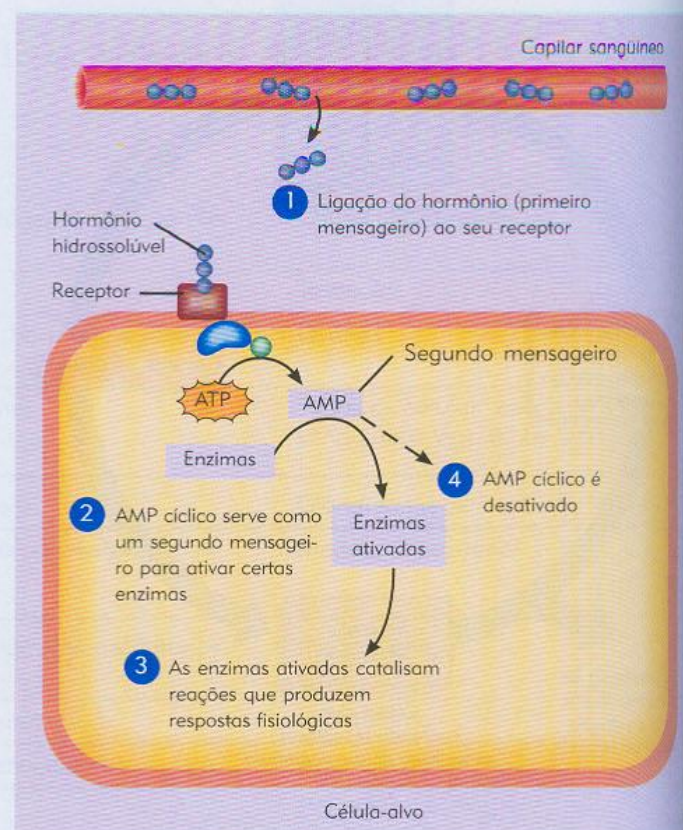
1. Um hormônio hidrossolúvel difunde-se do sangue e liga-se ao seu receptor na membrana plasmática das células-alvo. Esta ligação inicia uma reação que em última análise converte ATP em AMP cíclico no citossol da célula.
2. O AMP cíclico (um segundo mensageiro) causa a ativação de diversas enzimas.
3. As enzimas ativadas catalisam as reações que produzem respostas fisiológicas.
4. Após um breve período de tempo, o AMP cíclico é inativado. Assim, a resposta celular é desativada, a menos que novas moléculas de hormônio continuem a ligar-se aos seus receptores na membrana plasmática.

Controle das Secreções Hormonais: Controle por Retroalimentação

Objetivo: *Explicar como são regulados os níveis hormonais no sangue.*

A secreção de hormônios é normalmente regulada para que não haja superprodução ou subprodução de um determinado hormônio. Esta regulação é um dos mecanismos mais importantes que o corpo utiliza para a manutenção da homeostase. Se o mecanismo regulador não operar apropriadamente e os níveis hormonais forem

Figura 13.3 Mecanismos propostos de ação hormonal.

Os hormônios lipossolúveis ligam-se a receptores no interior das células-alvo. Os hormônios hidrossolúveis ligam-se a receptores incluídos na membrana plasmática das células-alvo.

(a) Ativação do receptor intracelular por um hormônio lipossolúvel

(b) Interação entre o primeiro mensageiro (hormônio hidrossolúvel) e receptor na membrana plasmática na qual há um aumento da produção de AMP cíclico

P *Por que o AMP cíclico é chamado de um segundo mensageiro?*

excessivos ou deficientes, resultam doenças, muitas das quais são discutidas no final deste capítulo.

As secreções hormonais são mais freqüentemente reguladas por controles de ***retroalimentação negativa*** (veja as Figuras 13.2 e 1.2). Informações sobre o nível hormonal ou seus efeitos são enviadas de volta para a glândula, que, então, responde adequadamente. Em uns poucos casos, os controles de retroalimentação positiva regulam as secreções hormonais. Também, alguns hormônios da hipófise são liberados em resposta aos impulsos nervosos do hipotálamo. Descreveremos aqui os três sistemas de retroalimentação negativa para o controle da secreção hormonal.

Níveis de Substâncias Químicas no Sangue

Em um tipo de sistema de retroalimentação negativa, o controle hormonal é desencadeado pelos níveis de certas substâncias químicas no sangue. Por exemplo, o nível de cálcio sangüíneo é controlado pelo hormônio paratireóideo (PTH) produzido pelas glândulas paratireóides, e a calcitonina (CT) produzida pela glândula tireóide. Se o nível de cálcio sangüíneo está baixo, isto serve de estímulo para as glândulas paratireóides liberarem mais PTH (veja a Figura 13.12). O PTH, então, exerce seu efeito em várias partes do corpo até que o nível de cálcio no sangue volte ao normal. Um nível alto de cálcio no sangue serve como estímulo para as glândulas paratireóides cessarem sua produção de PTH. Entretanto, a glândula tireóide aumenta sua produção de CT para baixar o nível de cálcio no sangue ao normal. Note que no controle de retroalimentação negativa a resposta corporal (aumento ou diminuição do nível de cálcio) é oposta (negativa) ao estímulo (baixo ou alto nível de cálcio).

Impulsos Nervosos

Em outro tipo de sistema de retroalimentação negativa, o hormônio é liberado como resultado direto de impulsos nervosos que estimulam a glândula endócrina. Por exemplo, adrenalina e noradrenalina são liberadas pelas glândulas supra-renais em resposta a impulsos nervosos simpáticos durante uma situação de estresse.

Secreções Químicas do Hipotálamo

Ainda em outro sistema de retroalimentação negativa, o hormônio é controlado por meio de diferentes secreções químicas do hipotálamo (veja a Figura 13.6). As secreções hipotalâmicas que estimulam a liberação do hormônio na corrente sangüínea são chamadas de ***hormônios liberadores (excitadores)***. Aquelas que previnem a liberação do hormônio são chamadas de ***hormônios inibidores***.

Mais freqüentemente, os sistemas de retroalimentação negativa mantêm a homeostase das secreções hormonais. À medida que discutirmos os efeitos de vários hormônios nesse capítulo, descreveremos também como são controladas as secreções hormonais. Então, você verá que tipo de sistema de retroalimentação está envolvido. Como citado anteriormente, um sistema de retroalimentação positiva contribui para regular a secreção hormonal. Em uma retroalimentação positiva, a resposta intensifica o estímulo inicial, o que intensifica a resposta e assim por diante. Um exemplo disto ocorre durante o parto. O hormônio ocitocina (discutido em detalhe um pouco adiante) estimula a contração uterina. As contrações uterinas, por sua vez, estimulam uma maior liberação de ocitocina (veja a Figura 13.8).

Hipófise (Glândula Pituitária)

Objetivo: *Descrever a localização, a histologia e as funções da hipófise (glândula pituitária).*

Os hormônios da ***hipófise*** regulam tantas atividades corporais que a hipófise foi apelidada de "glândula -mestre". Ela é uma estrutura pequena, arredondada que está fixada ao hipotálamo por meio de uma estrutura em forma de haste, o ***infundíbulo*** (veja a Figura 13.4). Ela é composta de uma adeno-hipófise (lobo anterior), maior, e uma neuro-hipófise (lobo posterior) menor. A ***adeno-hipófise*** forma a parte glandular da hipófise. Os vasos sangüíneos conectam a adeno-hipófise ao hipotálamo. A ***neuro-hipófise*** contém terminações axonais de neurônios cujos corpos celulares estão no hipotálamo. As fibras nervosas conectam a adeno-hipófise diretamente ao hipotálamo.

Adeno-hipófise (Lobo Anterior)

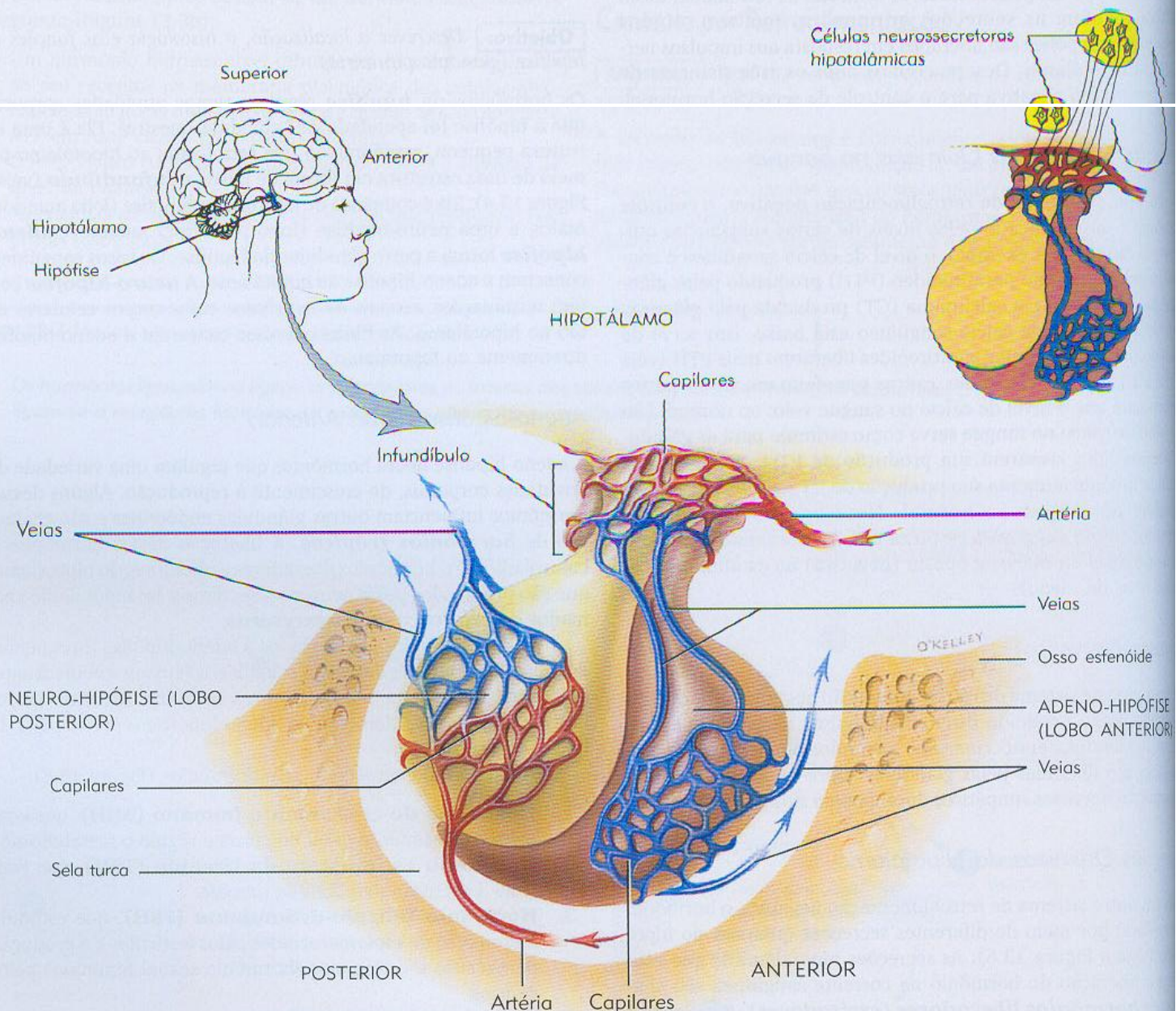
A adeno-hipófise libera hormônios que regulam uma variedade de atividades corporais, do crescimento à reprodução. Alguns desses hormônios influenciam outras glândulas endócrinas e são chamados de ***hormônios trópicos***. A liberação destes hormônios é controlada pelos hormônios liberadores e inibidores do hipotálamo, que são produzidos pelos neurônios secretores no hipotálamo chamados de ***células neurossecretoras***.

Esses hormônios são enviados à adeno-hipófise diretamente do hipotálamo através dos vasos sangüíneos sem que circulem antes pelo coração (Figura 13.4). O curto caminho permite que os hormônios ajam rapidamente na adeno-hipófise e previne sua diluição ou destruição.

A adeno-hipófise secreta sete hormônios (Figura 13.5):

1. **Hormônio de crescimento humano (hGH)**, que controla o crescimento geral do corpo e regula o metabolismo.
2. **Hormônio estimulante da tireóide (TSH)**, que controla a secreção da glândula tireóide.
3. **Hormônio folículo-estimulante (FSH)**, que estimula a produção de espermatozóides pelos testículos e a produção de ovócitos e estrógenos (hormônio sexual feminino) pelos ovários.
4. **Hormônio luteinizante (LH)**, que estimula a secreção de testosterona (hormônio sexual masculino), a secreção de estrógenos e progesterona (hormônios sexuais femininos) pelos ovários e a ovulação (liberação de um ovócito na cavidade pélvica).
5. **Prolactina (PRL)** que, juntamente com outros hormônios, inicia e mantém a produção de leite pelas glândulas mamárias.
6. **Hormônio adrenocorticotrópico (ACTH)**, que estimula o córtex supra-renal (região externa) a secretar seus hormônios.

Figura 13.4 Hipófise e seu suprimento sangüíneo. Note na figura pequena à direita que hormônios, de liberação e de inibição, sintetizados pelas células neurossecretoras hipotalâmicas são transportados para os capilares e são carregados pelas veias até a adeno-hipófise.

 Os hormônios hipotalâmicos são um elo importante entre os sistemas nervoso e endócrino.

P *Qual porção da hipófise é a porção glandular?*

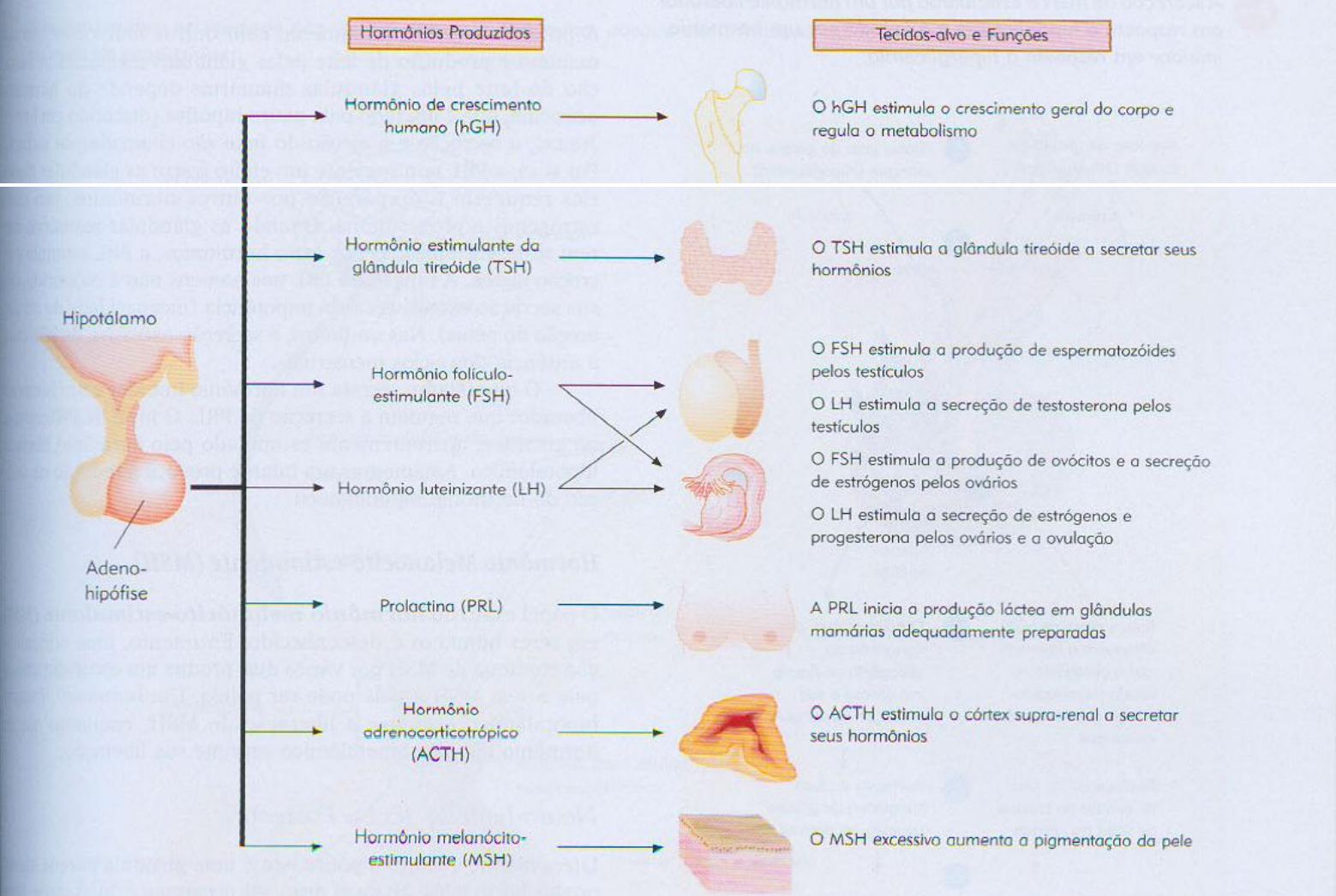
7. **Hormônio melanócito-estimulante (MSH),** que afeta a pigmentação da pele.

Hormônio de Crescimento Humano (hGH)

O ***hormônio de crescimento humano (hGH)*** causa o crescimento das células do corpo. Ele age no esqueleto e nos músculos esqueléticos, em particular, para aumentar sua taxa de crescimento e manter seu tamanho durante o crescimento. O hormônio causa o crescimento e a multiplicação celular pelo aumento da taxa de entrada de aminoácidos nas células para a formação de pro nas. Ele também promove a degradação de ácidos graxos e in uso de glicose (açúcar sangüíneo) para a produção de ATP. A l ração de hGH da adeno-hipófise é controlada por dois hormô do hipotálamo, um hormônio liberador e outro inibidor. O horm liberador circula até a adeno-hipófise e estimula a liberaçã hGH. O hormônio inibidor previne a liberação de hGH.

Entre os estímulos que promovem a secreção de hGH es ***hipoglicemia***, isto é um baixo nível sangüíneo de glicose. Q do o nível de açúcar sangüíneo está baixo, o hipotálamo é est

Figura 13.5 Hormônios produzidos pela adeno-hipófise e suas funções.

Os hormônios que influenciam outras glândulas endócrinas são chamados de hormônios trópicos.

Quais outras glândulas endócrinas são reguladas pelos hormônios da adeno-hipófise?

...do a secretar o hormônio liberador, que causa a liberação de hGH. Este hormônio, por sua vez, aumenta o nível de açúcar sangüíneo pela conversão de glicogênio em glicose, lançando-a no sangue. Assim que o nível sangüíneo de açúcar retorna ao normal, a secreção do hormônio liberador é encerrada (Figura 13.6). Esse é um sistema de retroalimentação negativa. A hiperglicemia (alto nível de açúcar sangüíneo) tem um efeito oposto, como mostrado na Figura 13.6

A secreção do hGH atinge seu máximo no fim do pico de crescimento do adolescente Diferenças genéticas é que controlão quando esse pico ocorrer, respondendo assim pelas diferenças em altura.

Hormônio Estimulante da Tireóide (TSH)

O **hormônio estimulante da tireóide (TSH)** estimula a produção e a secreção de hormônios da glândula tireóide. A secreção é controlada pelo hormônio liberador hipotalâmico. A liberação do hormônio liberador hipotalâmico, por sua vez, depende dos níveis sangüíneos dos hormônios tireóideos e da taxa metabólica corporal, e opera como um sistema de retroalimentação negativa.

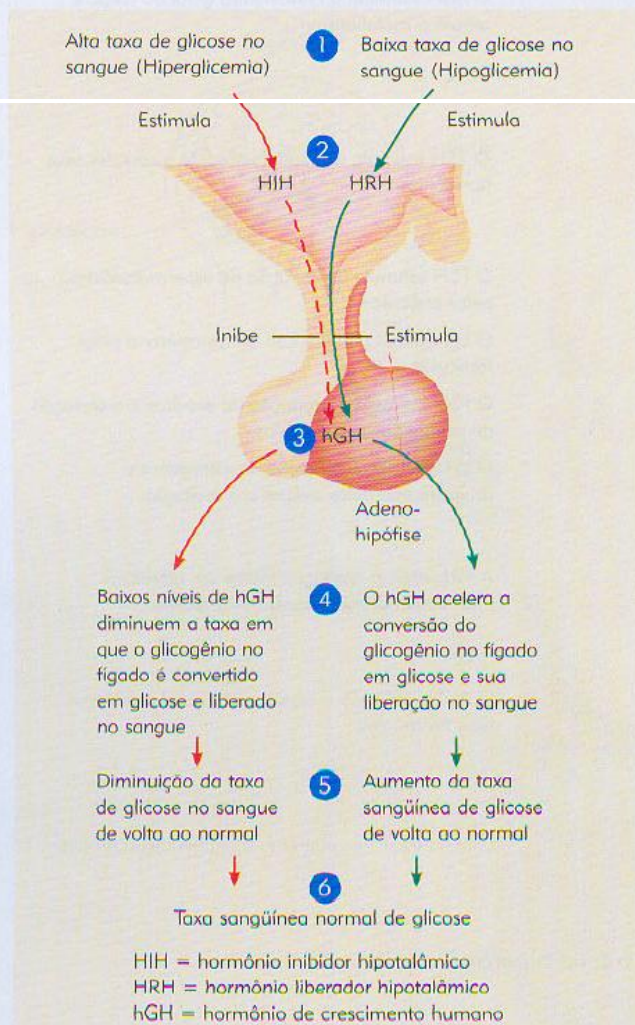
Hormônio Adrenocorticotrópico (ACTH)

O **hormônio adrenocorticotrópico (ACTH)** controla a produção e a secreção de certos hormônios do córtex supra-renal. A secreção é controlada por um hormônio liberador hipotalâmico. A liberação do hormônio liberador hipotalâmico, por sua vez, depende de alguns estímulos tais como a baixa taxa de glicose sangüínea e o estresse físico, e opera como um sistema de retroalimentação negativa.

Hormônio Folículo-estimulante (FSH)

Na mulher, o **hormônio folículo-estimulante (FSH)** é transportado da adeno-hipófise pelo sangue até os ovários, onde ele estimula o desenvolvimento folicular (células secretoras circundando um ovócito) a cada mês. O FSH também estimula as células ováricas a secretar estrógenos, ou hormônios sexuais femininos. No homem, o FSH estimula os testículos a produzirem espermatozóides. A secreção de FSH é controlada por um hormônio liberador hipotalâmico. A liberação de um hormônio liberador hipotalâmico

Figura 13.6 Regulação da secreção do hormônio de crescimento humano (hGH).

A secreção de hGH é estimulada por um hormônio liberador em resposta à hipoglicemia e é inibida por um hormônio inibidor em resposta à hiperglicemia.

P ***Quais tecidos em particular respondem ao hGH?***

depende dos níveis sangüíneos de estrógenos e testosterona (hormônio sexual masculino), e opera como um sistema de retroalimentação negativa. Altos níveis de estrógenos e testosterona inibem a liberação do hormônio liberador hipotalâmico e, portanto, a liberação de FSH.

Hormônio Luteinizante (LH)

Na mulher, o ***hormônio luteinizante (LH)***, juntamente com o FSH, estimula a secreção de estrógenos pelos ovários e provoca a liberação de um ovócito pelo ovário, um processo chamado de ovulação, O LH também estimula a formação do corpo lúteo (estrutura ovárica formada após a ovulação) no ovário e a secreção de progesterona (outro hormônio sexual feminino) pelo corpo lúteo. No homem, o LH estimula os testículos a desenvolverem-se e secretarem grandes quantidades de testosterona. A secreção de L como a de FSH, é controlada pelo hormônio liberador hipotalâmi

Prolactina (PRL)

A prolactina (PRL), juntamente com outros hormônios, inic mantém a produção de leite pelas glândulas mamárias. A libe ção do leite pelas glândulas mamárias depende do hormô ocitocina, que é liberado pela neuro hipófise (discutido em brev Juntas, a secreção e a ejeção do leite são chamadas de lacta Por si só, a PRL tem somente um efeito fraco; as glândulas mam rias requerem a preparação por outros hormônios, tais co estrógenos e progesterona. Quando as glândulas mamárias ti rem sido sensibilizadas por estes hormônios, a PRL estimula a s creção láctea. A função da PRL nos homens não é conhecida, m sua secreção excessiva causa impotência (incapacidade de ter u ereção do pênis). Nas mulheres, a secreção excessiva de PRL ca a ausência dos ciclos menstruais.

O hipotálamo secreta um hormônio inibidor e um hormô liberador que regulam a secreção de PRL. O nível de PRL eleva na gravidez, aparentemente estimulado pelo hormônio libera hipotalâmico. Amamentar um infante provoca a redução na sec ção do hormônio hipotalâmico.

Hormônio Melanócito-estimulante (MSH)

O papel exato do ***hormônio melanócito-estimulante*** (MS em seres humanos é desconhecido. Entretanto, uma administ ção contínua de MSH por vários dias produz um escurecimento pele e sem MSH a pele pode ser pálida. Um hormônio libera hipotalâmico promove a liberação de MSH, enquanto que hormônio inibidor hipotalâmico suprime sua liberação.

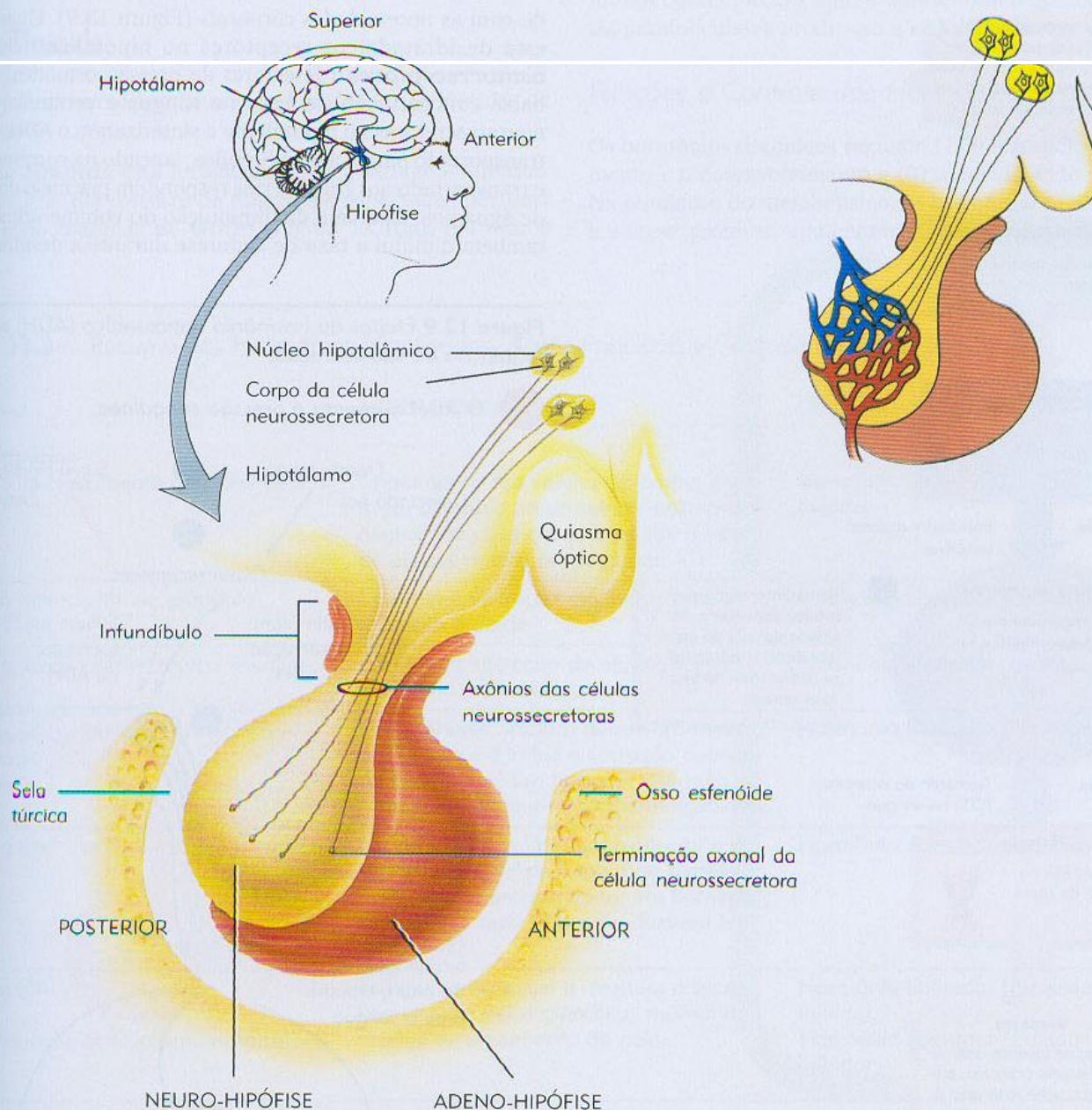
Neuro-hipófise (Lobo Posterior)

Literalmente, a neuro-hipófise não é uma glândula porque ela n *produz* hormônios. Ao invés disto, ela *armazena* e, mais tarde, lib hormônios. A neuro-hipófise contém terminações axonais d neurônios secretores, localizados no hipotálamo chamados de cé ***las neurossecretoras*** (Figura 13.7). Os corpos celulares d neurônios produzem dois hormônios, a ***ocitocina*** (OT) e ***hormônio antidiurético (ADH)***, que são transportados atra dos axônios para a neuro-hipófise, para armazenamento e liberaç

Ocitocina (OT)

A ***ocitocina (oxytocia = rápido parto)*** estimula a contraç das células musculares lisas do útero grávido e as células contrát das glândulas mamárias. Ela é liberada em grandes quantidad logo antes do parto (Figura 13.8). Quando se inicia o trabalho parto, o colo (porção estreita inferior) do útero é distendido p corpo ou pela cabeça do bebê. Receptores de distensão no colo envi impulsos nervosos às células neurossecretoras no hipotálamo estimulam a síntese de OT. A OT é transportada para a neuro-hipófi e, daí, liberada na corrente sangüínea e transportada até o út para reforçar as contrações uterinas. À medida que as contraç tornam-se mais intensas, mais OT é sintetizada. Quando a cab do bebê ultrapassa o colo do útero, uma maior distensão do c estimula a liberação de mais OT. Assim, estabelece-se um ciclo retroalimentação positiva. O ciclo é quebrado pelo nasciment

Figura 13.7 Conexão da neuro-hipófise com o hipotálamo. Note na figura pequena à direita que os hormônios sintetizados pelas células neurossecretoras no hipotálamo passam através de seus axônios para baixo em direção às terminações axonais na neuro-hipófise. Os impulsos nervosos descarregam os hormônios, que se difundem nas veias para distribuição às células-alvo.

A neuro-hipófise na verdade não é uma glândula endócrina, porque ela armazena e libera hormônios ao invés de produzi-los.

Que hormônios são produzidos no hipotálamo e armazenados na neuro-hipófise?

...ante devido à repentina diminuição da distensão do colo. A ...ocina sintética é usada clinicamente para induzir o trabalho de ...rto (o nome comercial é Syntocinon ou Pitocin). Adicionalmente, ...tocin é usada imediatamente após o nascimento para aumentar ...nus uterino e controlar as hemorragias.

A OT afeta a ejeção de leite. O leite formado pelas células ...dulares mamárias é armazenado até que o bebê inicie uma suc...o ativa. Isto inicia um mecanismo semelhante àquele envolvido ...formação e na liberação da OT pelas contrações musculares ...erinas. A OT é transportada da neuro-hipófise pela corrente sangüínea até as glândulas mamárias, onde ela estimula as células musculares lisas ao redor das células e ductos glandulares a se contraírem e ejetarem leite. Esta resposta é chamada de ***ejeção láctea.***

Hormônio Antidiurético (ADH)

Um ***antidiurético*** é qualquer substância química que diminui a produção de urina. A principal atividade fisiológica do ***hormônio antidiurético (ADH)*** é seu efeito no volume de urina. O ADH

Figura 13.8 Regulação da secreção de ocitocina (OT) durante o trabalho de parto e nascimento de um bebê.

A secreção da OT é regulada por um ciclo de retroalimentação positiva.

1 As contrações do trabalho de parto forçam a cabeça ou o corpo do bebê para dentro do canal do parto, aumentando assim a

2 **Condição controlada**
Distensão do colo do útero

3 **Receptores**
Receptores de estiramento no colo do útero

Entrada Impulsos nervosos sensitivos

4 **Centro de controle**
Hipotálamo e neuro-hipófise

Saída Aumento da ocitocina (OT) no sangue

5 **Efetores**
Músculo liso na parede do útero

6 **Resposta**
Contrações uterinas, estimuladas pela ocitocina, empurram o bebê mais para o interior do canal do parto e aumentam a distensão do colo do útero

7 Retroalimentação positiva faz com que a distensão do colo do útero (condição controlada) se desvie mais do seu valor normal

8 **Interrupção do ciclo**
O nascimento diminui a distensão do colo do útero e interrompe o ciclo de retroalimentação positiva

Quais são as duas funções da OT?

causa nos rins a remoção de água do fluido que constituirá a u na, para devolvê-lo à corrente sangüínea, diminuindo, assim, volume de urina (antidiurese).

O ADH pode também aumentar a pressão sangüínea por me da constrição arteriolar. Por esta razão, o ADH é também referi como ***vasopressina***. Se ocorrer uma intensa perda de volum sangüíneo devido à hemorragia, a produção de ADH aumenta.

A quantidade de ADH normalmente secretada varia de aco do com as necessidades corporais (Figura 13.9). Quando o corp está desidratado, os receptores no hipotálamo chamados d ***osmorreceptores*** (detectores de pressão osmótica) detectam baixa concentração de água no sangue e estimulam as célul neurossecretoras no hipotálamo a sintetizarem o ADH, que é enti transportado para a neuro-hipófise, lançado na corrente sangüíne e transportado aos rins. Os rins respondem por meio da reabsorç de água pelo sangue e da diminuição do volume urinário. O AD também diminui a taxa de sudorese durante a desidratação.

Figura 13.9 Efeitos do hormônio antidiurético (ADH) e a regulação de sua secreção.

O ADH aumenta a pressão sangüínea.

Quais outros estímulos podem promover a secreção de ADH?

A secreção de ADH também pode ser alterada por muitas outras condições. Dor, estresse, traumatismo, ansiedade, nicotina, altos níveis sangüíneos de íons sódio (Na^+) e drogas tais como a morfina e alguns anestésicos estimulam a secreção do hormônio. O álcool inibe a sua secreção e assim aumenta a produção de urina. Isto pode explicar porque a sede é um sintoma de ressaca.

O Quadro 13.3 resume as ações e os controles da secreção dos hormônios hipofisários.

Glândula Tireóide

Objetivo: *Descrever a localização, a histologia e as funções da glândula tireóide.*

A **glândula tireóide** está localizada junto à laringe e anteriormente à traquéia. Ela consiste de dois lobos conectados por uma massa de tecido chamada de ***istmo*** (Figura 13.10a). Ela recebe um suprimento sangüíneo abundante e pode assim liberar altos níveis de hormônio em um curto período de tempo, se necessário.

A glândula tireóide está preenchida com os ***folículos tireóideos***, que consistem de ***células foliculares*** e ***células parafoliculares*** (Figura 13.10b). As células foliculares produzem a ***tiroxina*** ou T_4, porque ela contém quatro átomos de iodo, e a ***triiodotironina*** ou T_3, porque contêm três átomos de iodo. Juntos, estes hormônios são referidos como ***hormônios tireóideos***. Ambos contêm iodo e ambos apresentam o mesmo efeito. As células parafoliculares produzem a ***calcitonina*** ou ***CT***.

Funções e Controle dos Hormônios Tireóideos

Os hormônios tireóideos regulam (1) o metabolismo, (2) o crescimento e o desenvolvimento e (3) a atividade do sistema nervoso. Na regulação do metabolismo, os hormônios tireóideos estimulam a síntese protéica, aumentam a lipólise (degradação das gordu-

Quadro 13.3 Resumo dos Hormônios Hipofisários, Ações Principais e Controle da Secreção

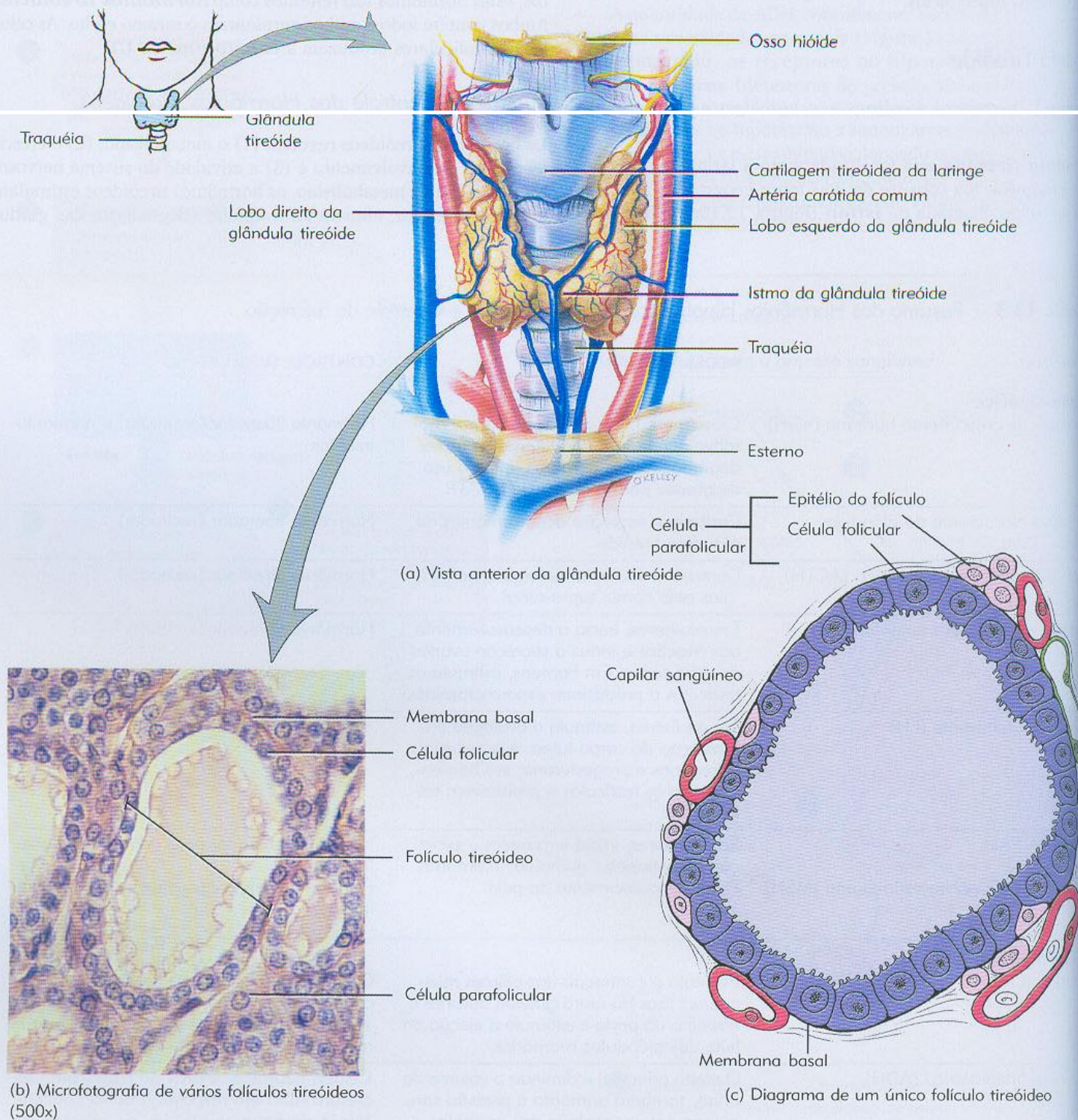
HORMÔNIO	AÇÕES PRINCIPAIS	CONTROLE DA SECREÇÃO
Adeno-hipófise		
Hormônio de crescimento humano (hGH)	Crescimento das células do corpo; promove acúmulo de proteínas; promove degradação das gorduras; inibe o uso de glicose para a produção de ATP.	Hormônio liberador (excitador) e hormônio inibidor.
Hormônio estimulante da glândula tireóide (TSH)	Controla a secreção dos hormônios da glândula tireóide	Hormônio liberador (excitador).
Hormônio adrenocorticotrópico (ACTH)	Controla a secreção de alguns hormônios pelo córtex supra-renal.	Hormônio liberador (excitador).
Hormônio folículo-estimulante (FSH)	Em mulheres, inicia o desenvolvimento dos ovócitos e induz a secreção ovárica de estrógenos. Em homens, estimula os testículos a produzirem espermatozóides.	Hormônio liberador (excitador).
Hormônio luteinizante (LH)	Em mulheres, estimula a ovulação e a formação do corpo lúteo, que secreta estrógenos e progesterona; em homens, estimula os testículos a produzirem testosterona.	Hormônio liberador (excitador).
Prolactina (PRL)	Em mulheres, inicia e mantém a secreção de leite pelas glândulas mamárias.	Hormônio liberador (excitador) e hormônio inibidor.
Hormônio melanócito-estimulante (MSH)	Produz escurecimento da pele.	Hormônio liberador (excitador) e hormônio inibidor.
Neuro-hipófise		
Ocitocina (OT)	Estimula a contração das células musculares lisas do útero grávido durante o trabalho do parto e estimula a ejeção do leite das glândulas mamárias.	Células neurossecretoras do hipotálamo secretam OT em resposta à distensão uterina e estimulação das papilas mamárias (mamilos).
Hormônio antidiurético (ADH)	O efeito principal é diminuir o volume de urina; também aumenta a pressão sangüínea pela constrição das arteríolas.	Células neurossecretoras do hipotálamo secretam ADH em resposta à baixa concentração de água no sangue, ao estresse, ao trauma, à ansiedade, à nicotina, a alguns anestésicos e tranqüilizantes; o álcool inibe secreção.

Figura 13.10 Glândula tireóide.

Os hormônios tireóideos regulam (1) o metabolismo, (2) o crescimento e o desenvolvimento e (3) a atividade do sistema nervoso.

(a) Vista anterior da glândula tireóide

(b) Microfotografia de vários folículos tireóideos (500x)

(c) Diagrama de um único folículo tireóideo

P *Quais células secretam T_3 e T_4? Calcitonina? Quais destes hormônios também são chamados de hormônios tireóideos?*

s), aumentam a excreção do colesterol e aumentam o uso da glicose para a produção de ATP.

Juntos com o hGH e a insulina, os hormônios tireóideos aceleram o crescimento corporal e, em particular, o crescimento do tecido nervoso. A deficiência dos hormônios tireóideos durante o desenvolvimento fetal pode resultar em neurônios menores e menos numerosos, mielinização defeituosa dos axônios e deficiência mental. Durante os primeiros anos de vida, a deficiência dos hormônios tireóideos resulta em menor estatura e pequeno desenvolvimento de certos órgãos tais como o encéfalo e os órgãos genitais.

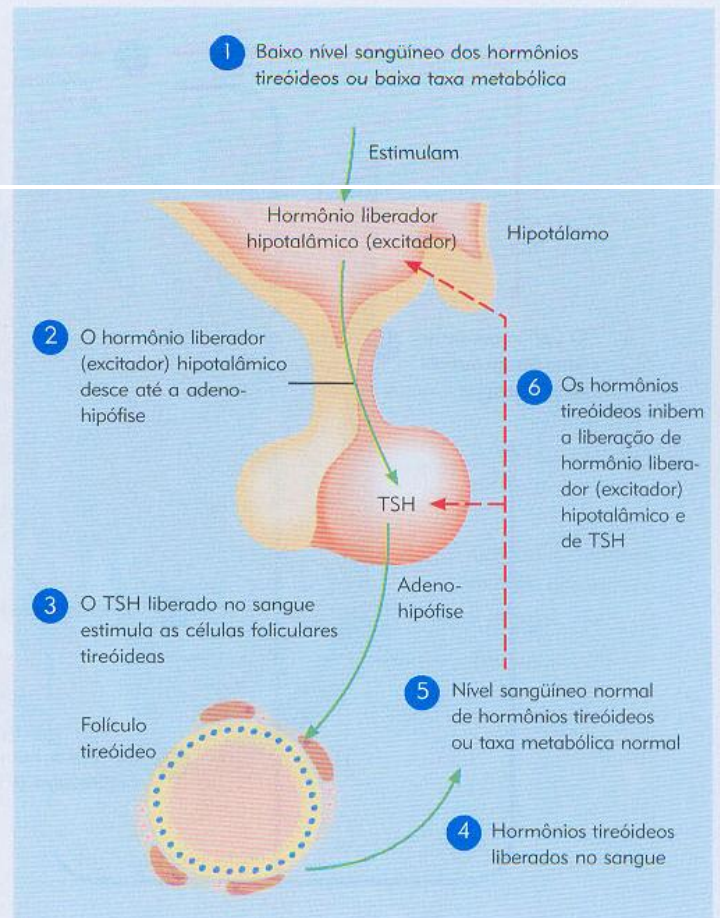
A secreção dos hormônios tireóideos é estimulada por muitos fatores (Figura 13.11).

1. Se o nível dos hormônios tireóideos no sangue cair abaixo do normal ou se diminuir a taxa metabólica, os sensores químicos no hipotálamo detectam a alteração na química sangüínea e estimulam a secreção do hormônio liberador (excitador) pelo hipotálamo.
2. Este hormônio estimula a adeno-hipófise a secretar o hormônio estimulante da tireóide (TSH).
3. O TSH estimula a glândula tireóide.
4. A glândula tireóide libera os hormônios tireóideos.
5. O nível sangüíneo dos hormônios tireóideos aumenta até que a taxa metabólica retorne ao normal.
6. Os hormônios tireóideos inibem a liberação do hormônio liberador (excitador) e do TSH.

As condições que aumentam a necessidade energética corporal – um ambiente frio, alta altitude, gravidez – aumentam a secreção dos hormônios tireóideos.

A atividade da glândula tireóide pode ser inibida por muitos fatores. Quando grandes quantidades de certos hormônios sexuais (estrógenos e andrógenos) estão circulando no sangue, por exemplo, a secreção do TSH diminui. O envelhecimento diminui a atividade da maioria das glândulas e a produção da glândula tireóide pode diminuir. Este é um dos fatores que freqüentemente é responsável pelo ganho de peso com o avanço da idade.

Figura 13.11 Regulação da secreção da glândula tireóide.

 O TSH promove a liberação dos hormônios tireóideos.

P *Qual o efeito dos hormônios tireóideos sobre a taxa metabólica?*

Calcitonina (CT)

O hormônio produzido pelas células parafoliculares da glândula tireóide é a ***calcitonina (CT)***. Ela está envolvida na homeostase dos níveis sangüíneos de cálcio (Ca_2^+) e fosfato (HPO_4^{2-}). A CT diminui a quantidade de cálcio e fosfato no sangue por (1) inibição de degradação óssea (especificamente pela inibição dos osteoclastos – células destruidoras de osso), (2) aceleração da assimilação óssea do cálcio e fosfato e (3) aumento do movimento do cálcio e fosfato da urina para o sangue.

O nível do cálcio sangüíneo controla diretamente a secreção da CT por meio de um sistema de retroalimentação negativa (Figura 13.12).

Glândulas Paratireóides

Objetivo: *Descrever a localização, a histologia e as funções das glândulas paratireóides.*

Anexadas à face posterior da glândula tireóide estão pequenas e arredondadas massas de tecido, chamadas de ***glândulas paratireóides*** (para = ao lado). Normalmente, duas glândulas paratireóides, superior e inferior, estão anexadas posteriormente a cada lobo da glândula tireóide (Figura 13.13a).

Microscopicamente, as glândulas paratireóides contêm dois tipos de células epiteliais (Figura 13.13b). As mais numerosas, chamadas de ***células principais (líder)***, são consideradas as principais produtoras de ***hormônio paratireóideo (PTH)***. A função das outras células, chamadas de ***células oxifílicas***, é desconhecida.

Hormônio Paratireóideo (PTH)

O ***hormônio paratireóideo (PTH)*** auxilia no controle dos níveis de íons cálcio (Ca^{2+}) e fosfato (HPO_4^{2-}) no sangue, mas de uma maneira diferente da calcitonina. O PTH ajuda a ativar a vitamina D e aumenta a taxa de absorção de cálcio e fosfato do trato gastrintestinal para o sangue. O PTH também aumenta o número e a atividade dos osteoclastos (células destruidoras de osso), que causam a degradação do tecido ósseo e a liberação adicional de

Figura 13.12 Regulação da secreção do hormônio paratireóideo (PTH) e da calcitonina (CT).

Com relação ao nível sangüíneo de cálcio, o PTH e a CT têm funções opostas.

1 Alto nível sangüíneo de Ca^{2+}

2 Glândula tireóide

3 Libera mais calcitonina (CT)

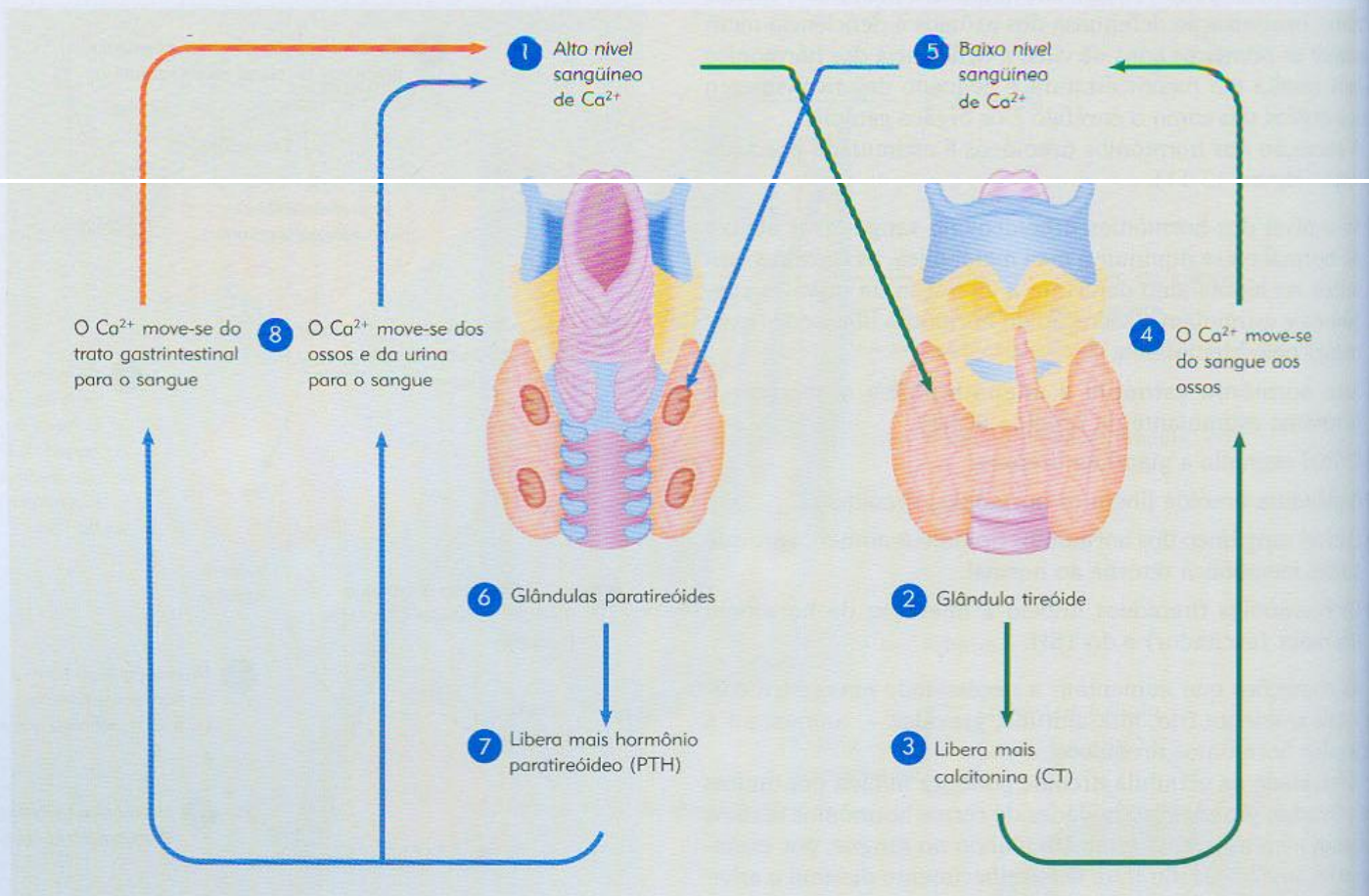
4 O Ca^{2+} move-se do sangue aos ossos

5 Baixo nível sangüíneo de Ca^{2+}

6 Glândulas paratireóides

7 Libera mais hormônio paratireóideo (PTH)

8 O Ca^{2+} move-se dos ossos e da urina para o sangue

O Ca^{2+} move-se do trato gastrintestinal para o sangue

P ***Um alto nível sangüíneo de cálcio causará um aumento de secreção da glândula tireóide ou das glândulas paratireóides?***

cálcio e fosfato no sangue. Finalmente, o PTH aumenta a taxa na qual os rins removem cálcio da urina que está sendo produzida e o devolve ao sangue, e aumenta a perda de fosfato pela urina. Mais fosfato é perdido através da urina do que é ganho dos ossos.

O efeito geral do PTH com respeito aos íons, então, é a diminuição do nível de fosfato no sangue e o aumento do nível de cálcio. Com relação ao nível sangüíneo de cálcio, o PTH e a CT têm funções opostas.

Quando o nível sangüíneo de cálcio cai, mais PTH é liberado (veja a Figura 13.12). Inversamente, quando aumenta o nível de cálcio no sangue, menos PTH (e mais CT) é secretado. Este é outro exemplo de um sistema de retroalimentação negativa.

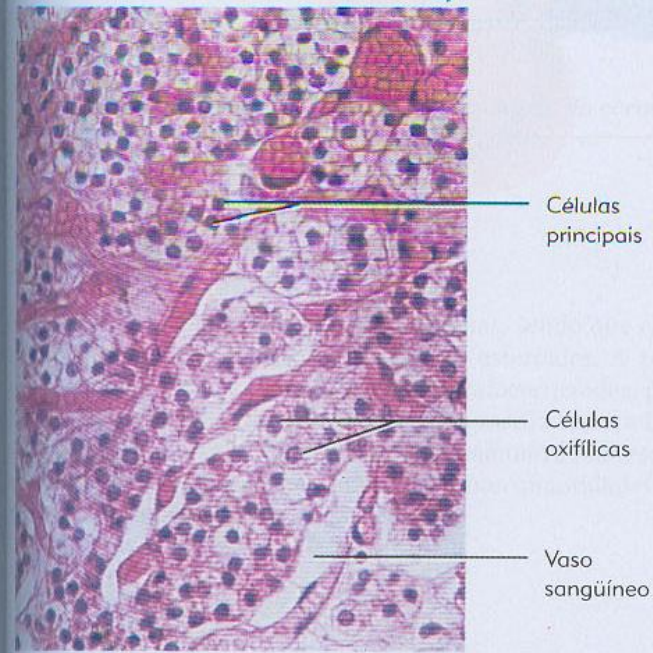
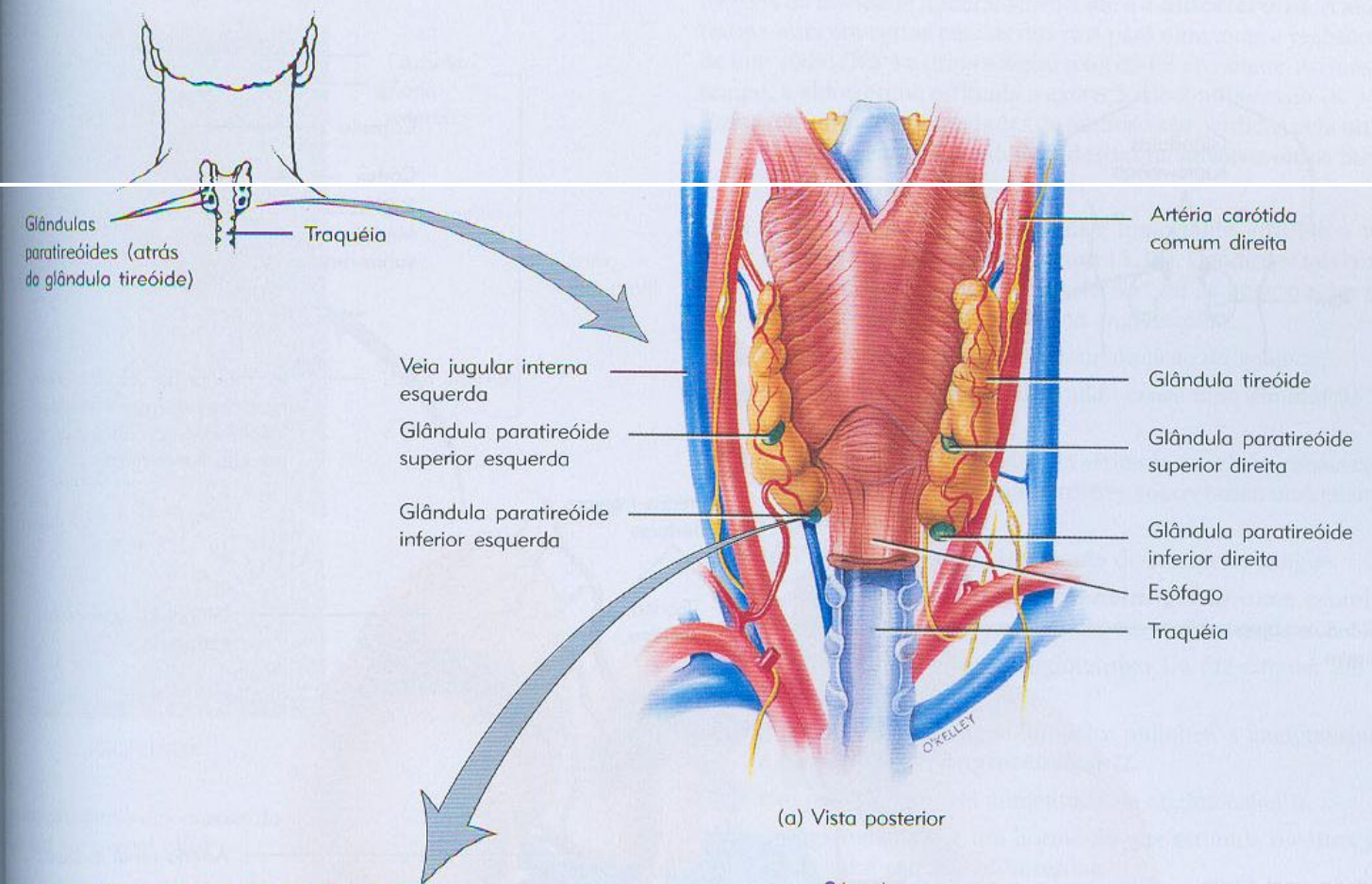
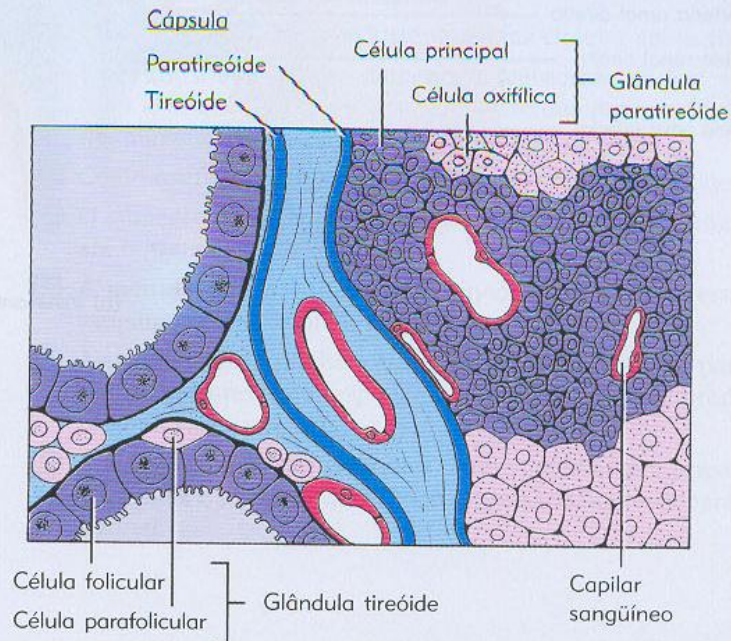
Glândulas Supra-renais (Adrenais)

Objetivo: *Descrever a localização, a histologia e as funções d glândulas supra-renais.*

O corpo tem duas ***glândulas supra-renais***, cada uma d localizada superiormente a cada rim (Figura 13.14). Cada glân la supra-renal é composta de duas regiões: o ***córtex supra-nal,*** externo, que compõe a maior parte da glândula e a ***medu supra-renal*** interna. Cada região produz diferentes hormôni Como a glândula tireóide, as glândulas supra-renais recebem suprimento sangüíneo abundante.

Figura 13.13 Glândulas paratireóides.

As glândulas paratireóides estão anexadas à face posterior da glândula tireóide.

(a) Vista posterior

(b) Microfotografia da glândula paratireóide (340x)

(c) Diagrama de uma porção da glândula tireóide (esquerda) e da glândula paratireóide (direita)

Que efeitos tem o PTH sobre os osteoclastos?

Figura 13.14 Glândulas supra-renais.

O córtex supra-renal secreta hormônios esteróides que são essenciais para a vida.

(a) Interior da glândula supra-renal esquerda mostrando a localização do córtex e da medula supra-renais

(b) Vista anterior

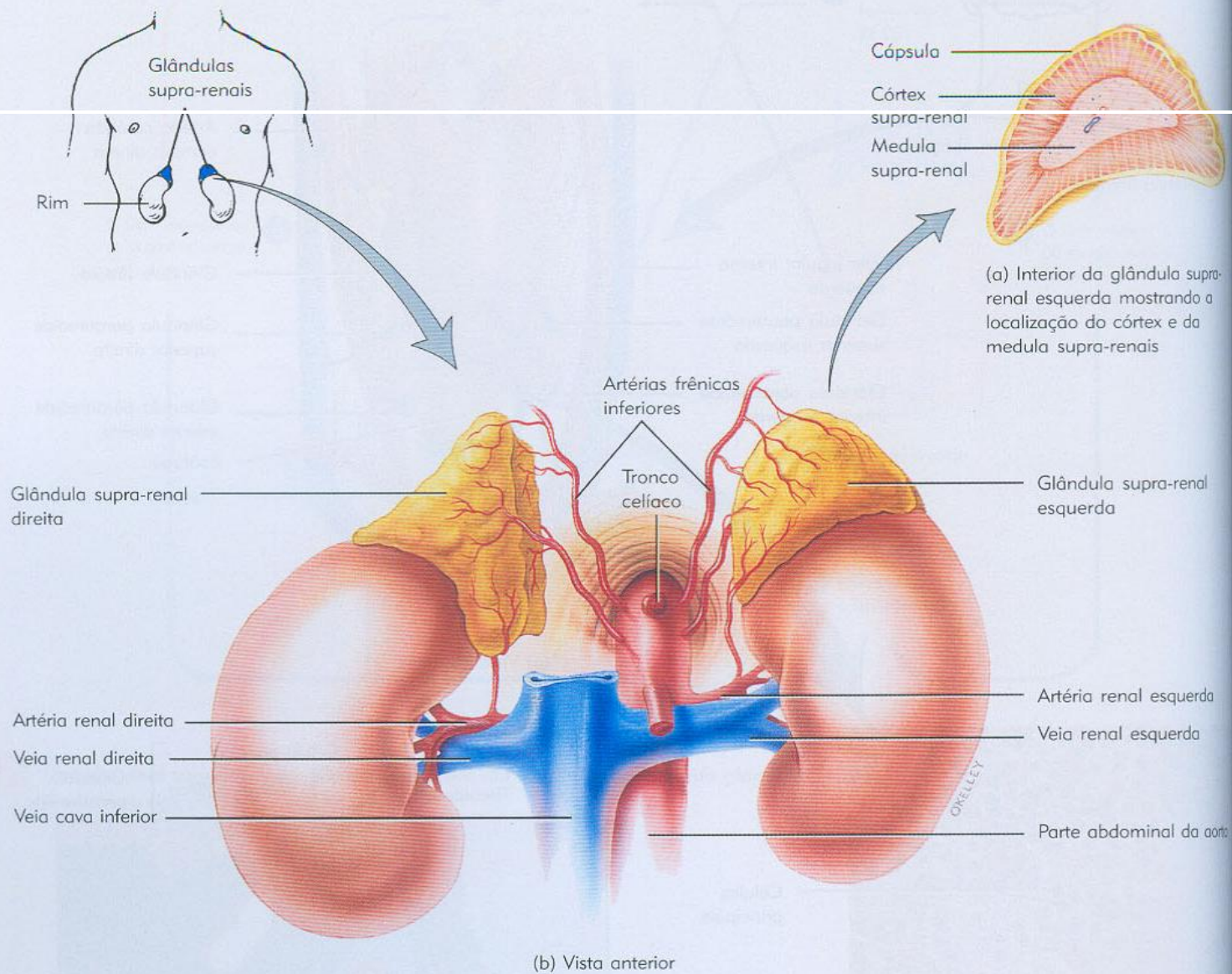
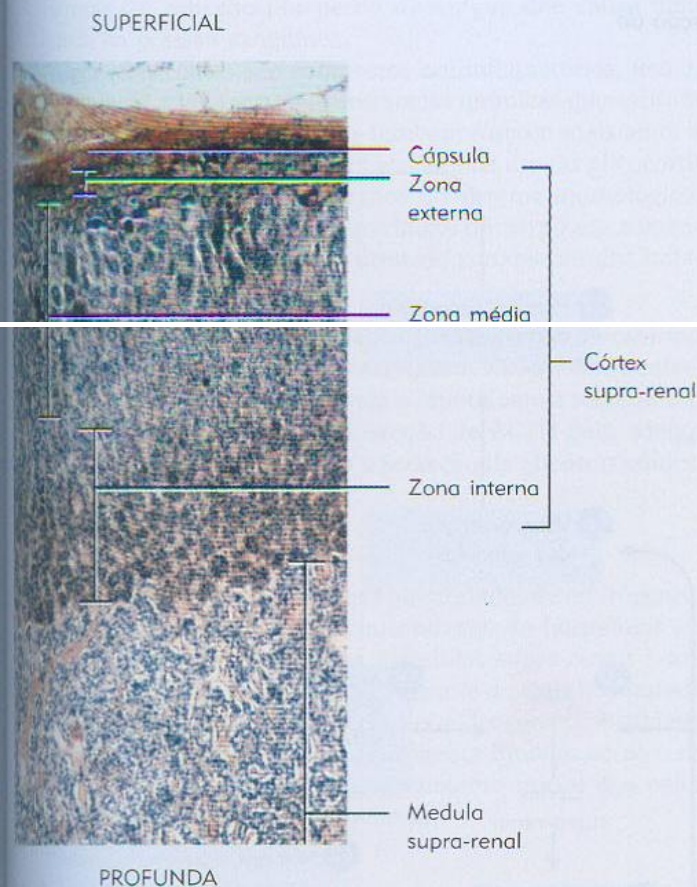



Figura 13.14 *(Continuação)*

(c) Microfotografia das regiões da glândula supra-renal (45x)

Quais hormônios são secretados pelas três zonas do córtex supra-renal?

Córtex Supra-renal

O córtex supra-renal é subdividido em três zonas, sendo que cada zona secreta diferentes grupos de hormônios esteróides. A zona externa secreta hormônios chamados de mineralocorticóides, porque eles afetam a homeostase mineral. A zona média secreta hormônios chamados glicocorticóides, porque eles afetam a homeostase da glicose. A zona interna sintetiza pequenas quantidades de andrógenos (hormônios sexuais masculinos).

Mineralocorticóides

Os ***mineralocorticóides*** ajudam a controlar a homeostase da água e dos íons sódio (Na^+) e potássio (K^+). Embora o córtex supra-renal secrete vários mineralocorticóides, o responsável por cerca de 95% da atividade mineralocorticóide é a ***aldosterona.*** A aldosterona atua em certas células dos rins para aumentar a reabsorção de íons sódio (Na^+) a urina e assim retorná-los ao sangue. Ao mesmo tempo, a aldosterona estimula a excreção de íons potássio (K^+), de forma que grandes quantidades de potássio são perdidas pela urina.

O controle da secreção de aldosterona envolve vários mecanismos operando simultaneamente:

1. O mecanismo de controle mais importante envolve a ***via renina-angiotensina*** (Figura 13.15). Condições tais como a desidratação, a deficiência de Na^+ ou as hemorragias podem desencadear a via renina-angiotensina.
2. Estas condições causam uma diminuição da volemia.
3. Um volume sangüíneo diminuído causa uma diminuição na pressão sangüínea.
4. A pressão sangüínea reduzida estimula as células renais chamadas de células justaglomerulares a secretarem uma enzima chamada de ***renina***.
5. Isto resulta em nível aumentado de renina no sangue.
6. A renina converte o ***angiotensinogênio***, uma proteína plasmática produzida no fígado, em ***angiotensina I***.
7. O nível aumentado de angiotensina I a faz circular até os pulmões.
8. À medida que o sangue flui pelos pulmões, a angiotensina I é convertida em ***angiotensina II.***
9. Isto resulta em nível aumentado de angiotensina II.
10. A angiotensina II é um hormônio que estimula o córtex supra-renal a secretar aldosterona.
11. O nível aumentado de aldosterona a faz circular até os rins.
12. Nos rins, a aldosterona aumenta a reabsorção de Na^+ e a água acompanha por osmose. A aldosterona também leva a um aumento da excreção de K^+ pelos rins na urina.
13. Como resultado, existe um aumento do volume sangüíneo.
14. O aumento do volume sangüíneo eleva o volume de sangue até o normal.
15. À medida que o volume sangüíneo aumenta, a pressão sangüínea eleva-se até o normal.
16. A angiotensina II também atua na musculatura lisa das paredes arteriolares, que respondem contraindo-se para produzir uma vasoconstrição.
17. A vasoconstrição das arteríolas também aumenta a pressão sangüínea e assim ajuda a elevar a pressão sangüínea para o normal.

Figura 13.15 Regulação da secreção de aldosterona pela via renina-angiotensina.

Os mineralocorticóides, como a aldosterona, auxiliam na regulação do equilíbrio hídrico e dos níveis sangüíneos de Na^+ e K^+.

1 Desidratação, deficiência de Na^+ ou hemorragia
2 Diminuição do volume sangüíneo
3 Diminuição da pressão sangüínea
4 Células justaglomerulares dos rins
5 Renina aumentada
6 Angiotensina
Fígado
7 Angiotensina I aumentada
8
9 Angiotensina II aumentada
10 Córtex supra-renal
11 Aldosterona aumentada
12 Nos rins, aumento da reabsorção de Na^+ e água; aumento da excreção de K^+ na urina
13 Volume sangüíneo aumentado
14 Volume sangüíneo normal
15 Pressão sangüínea normal
16 Vasoconstrição das arteríolas
17 Pressão sangüínea aumentada
18 Aumento de K^+ no fluido extracelular

P *Como a angiotensina II aumenta a pressão sangüínea?*

18 Um segundo mecanismo para o controle da secreção de aldosterona é o nível sangüíneo de K^+. Um aumento na concentração de K^+ no sangue, e, assim, no líquido intersticial, estimula diretamente a secreção de aldosterona pelo córtex supra-renal causando uma eliminação do excesso de K^+ pelos rins. Um declínio do nível de K^+ no sangue tem o efeito oposto.

Glicocorticóides

Os ***glicocorticóides*** estão envolvidos com o metabolismo e a resistência ao estresse. O ***cortisol*** é o mais abundante e é responsável pela maior parte da atividade glicocorticóide. Os glicocorticóides apresentam os seguintes efeitos no corpo:

1. Os glicocorticóides atuam com outros hormônios para p[ro]mover um metabolismo normal assegurando que ATP (en[er]gia) suficiente esteja disponível. Eles aumentam a taxa [de] catabolismo protéico e de transporte de aminoácidos at[é o] fígado para a síntese de novas proteínas. Ou, o fígado po[de] converter os aminoácidos em glicose se as reservas corpor[ais] de glicogênio e gordura estiverem baixas. Os glicocorticói[des] também estimulam a degradação de gordura e a libera[ção] dos ácidos graxos a partir de tecido adiposo como uma fo[nte] adicional de energia.
2. Os glicocorticóides ajudam a fornecer resistência ao estres[se]. Um aumento repentino na glicose disponível torna o co[rpo] mais alerta e fornece o ATP necessário para combater o estr[es]se devido desde medo, temperaturas extremas até altitud[es]

cirurgia. Os glicocorticóides também auxiliam no aumento da pressão sangüínea, o que é especialmente vantajoso se o estresse for causado por perda de sangue que causa uma queda na pressão sangüínea.

3. Os glicocorticóides são compostos antiinflamatórios, isto é, eles inibem a liberação de substâncias químicas que causam inflamação. Infelizmente, eles também tornam mais lenta a cura de ferimentos. Embora altas doses de drogas glicocorticóides causem atrofia dos órgãos do sistema imunológico, deprimindo desta forma a capacidade do corpo em combater doenças, eles podem ser úteis no tratamento das inflamações crônicas.

O controle de secreção de glicocorticóides é um mecanismo típico de retroalimentação negativa (Figura 13.16). Baixo nível sangüíneo de glicocorticóides estimula o hipotálamo a secretar um hormônio liberador, que inicia a liberação de ACTH pela adeno-hipófise, que, por sua vez, estimula a secreção de glicocorticóides.

Andrógenos

O córtex supra-renal secreta pequenas quantidades de andrógenos, hormônios sexuais masculinos. A concentração de hormônios sexuais normalmente secretada pelas glândulas supra-renais adultas masculinas é tão baixa que é insignificante quando comparada ao nível de testosterona. Nas mulheres, os andrógenos contribuem com o impulso sexual (libido). Os andrógenos ajudam no pico de crescimento pré-puberal e no desenvolvimento inicial dos pelos axilares e púbicos em meninos e meninas.

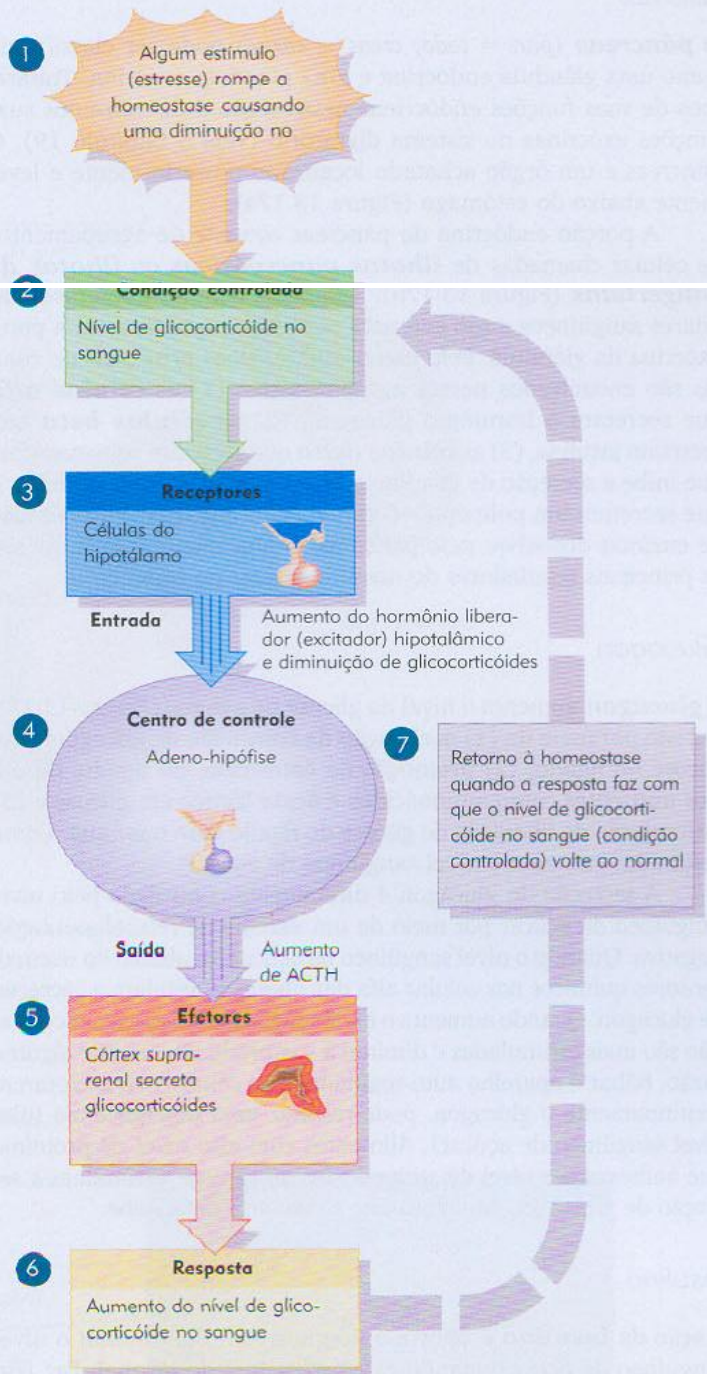
Medula Supra-renal

A medula supra-renal consiste de células pós-ganglionares do sistema nervoso autônomo simpático (SNA) que são especializadas na secreção de hormônios. A secreção hormonal é diretamente controlada pelo SNA e a glândula responde rapidamente a um estímulo.

Adrenalina e Noradrenalina

Os dois principais hormônios sintetizados pela medula supra-renal são a **epinefrina** e a **norepinefrina**, também chamadas de adrenalina e noradrenalina, respectivamente. A adrenalina representa cerca de 80 % do total da secreção da glândula e é mais potente que a noradrenalina. Ambos hormônios produzem efeitos que mimetizam aqueles produzidos pela divisão simpática do sistema nervoso autônomo. Eles são, em grande parte, responsáveis pela resposta de "luta-ou-fuga". Como os glicocorticóides do córtex supra-renal, eles auxiliam na resistência ao estresse.

Sob estresse, os impulsos recebidos pelo hipotálamo são transmitidos aos neurônios pré-ganglionares simpáticos e então à medula supra-renal, que aumenta a produção de adrenalina e noradrenalina. Ambos hormônios aumentam a pressão sangüínea pelo aumento da freqüência cardíaca e vasoconstrição, acelerando a taxa respiratória, dilatando as vias respiratórias, diminuindo a taxa digestiva, aumentando a eficiência das contrações musculares, aumentando o nível sangüíneo de açúcar e estimulando o metabolismo celular. A hipoglicemia (baixa taxa sangüínea de açúcar) também pode estimular a secreção de adrenalina e noradrenalina.

Figura 13.16 Regulação da secreção de glicocorticóides por retroalimentação negativa.

P *Se uma pessoa que sofreu um transplante de coração recebe prednisona (um glicocorticóide) para auxiliar na prevenção da rejeição do tecido transplantado, esta pessoa terá nível sangüíneo alto ou baixo de ACTH? Explique.*

Pâncreas

Objetivo: *Descrever a localização, a histologia e as funções do pâncreas.*

O ***pâncreas*** (*pan = todo; creas = carne*) pode ser classificado como uma glândula endócrina e uma glândula exócrina. Trataremos de suas funções endócrinas nessa seção e discutiremos suas funções exócrinas no sistema digestório (veja o Capítulo 19). O pâncreas é um órgão achatado localizado posteriormente e levemente abaixo do estômago (Figura 13.17a).

A porção endócrina do pâncreas consiste de agrupamentos de células chamadas de ***ilhotas pancreáticas*** ou ***ilhotas de Langerhans*** (Figura 13.17b). As ilhotas contêm numerosos capilares sangüíneos e são cercadas por células que formam a parte exócrina da glândula. Pelo menos quatro tipos principais de células são encontrados nesses agrupamentos: (1) as ***células alfa*** que secretam o hormônio glucagon, (2) as ***células beta*** que secretam insulina, (3) as ***células delta*** que secretam somatostatina que inibe a secreção de insulina e de glucagon, e (4) as ***células F*** que secretam um polipeptídeo pancreático que regula a liberação de enzimas digestivas pelo pâncreas. O glucagon e a insulina são os principais reguladores do nível de açúcar no sangue.

Glucagon

O ***glucagon*** aumenta o nível da glicose no sangue (Figura 13.18). Faz isto por meio da (1) aceleração da conversão de glicogênio em glicose no fígado, (2) promoção da conversão, no fígado, de outros nutrientes como aminoácidos e ácido láctico em glicose e (3) estimulação da liberação de glicose do fígado para o sangue. Como resultado, aumenta o nível sangüíneo de açúcar.

A secreção do glucagon é diretamente controlada pelo nível sangüíneo de açúcar por meio de um sistema de retroalimentação negativa. Quando o nível sangüíneo de açúcar cai abaixo do normal, sensores químicos nas células alfa das ilhotas estimulam a secreção de glucagon. Quando aumenta o nível sangüíneo de açúcar, as células não são mais estimuladas e diminui a sua produção. Se, por alguma razão, falhar o aparelho auto-regulador e as células alfa secretarem continuamente o glucagon, pode resultar uma hiperglicemia (alto nível sangüíneo de açúcar). Alimentos com alto nível de proteína, que aumentam o nível de aminoácidos no sangue, estimulam a secreção de glucagon, enquanto que a somatostatina inibe.

Insulina

A ação da ***insulina*** é oposta a do glucagon. Ela diminui o nível sangüíneo de açúcar quando este está acima do normal. Faz isso de várias maneiras (Figura 13.18):

1. A insulina acelera o transporte da glicose do sangue para as células, especialmente fibras musculares esqueléticas.
2. A insulina acelera a conversão de glicose em glicogênio e a síntese dos ácidos graxos.
3. A insulina acelera o movimento dos aminoácidos nas células do corpo, aumentando assim a velocidade de síntese protéica dentro das células.
4. A insulina diminui a conversão do glicogênio em glicose no fígado.
5. A insulina diminui a velocidade da formação de glicose do ácido láctico e de certos aminoácidos.

A regulação da secreção de insulina, da mesma forma que a da secreção de glucagon, é diretamente determinada pelo nível sangüíneo de açúcar e é baseada em um sistema de retroalimentação negativa. Um nível sangüíneo aumentado de certos aminoácidos também estimula a liberação de insulina, assim como vários outros hormônios também a estimulam.

O papel da insulina junto a outros fatores utilizados para o controle do diabete é discutido na seção "*Foco no Bem-Estar*" deste capítulo.

Ovários e Testículos

Objetivo: *Descrever a localização, a histologia e as funções dos ovários e dos testículos.*

As gônadas femininas, chamadas de ***ovários***, são um par de estruturas ovais localizadas na cavidade pélvica. Eles produzem ***estrógenos*** e ***progesterona***, que são os responsáveis pelo desenvolvimento e a manutenção das características sexuais femininas. Junto com o FSH e o LH da adeno-hipófise, os hormônios sexuais regulam o ciclo menstrual, mantêm a gravidez e preparam as glândulas mamárias para a lactação. Os ovários (e a placenta) também produzem um hormônio chamado de ***relaxina***, que relaxa a sínfise púbica e ajuda a dilatar o colo do útero próximo ao final da gestação. A ***inibina***, um hormônio que inibe a secreção de FSH, também é produzida pelos ovários.

O homem apresenta duas glândulas ovais, chamadas de ***testículos***, que se localizam no escroto. Os testículos produzem ***testosterona***, o principal hormônio sexual masculino, que estimula o desenvolvimento das características sexuais masculinas. Os testículos também produzem inibina que inibe a secreção de FSH. A estrutura detalhada dos ovários e dos testículos e as funções específicas dos hormônios sexuais serão discutidas no Capítulo 23.

gura **13.17** Pâncreas.

O pâncreas é uma glândula endócrina e uma glândula exócrina.

(b) Diagrama de uma ilhota pancreática (ilhota de Langerhans)

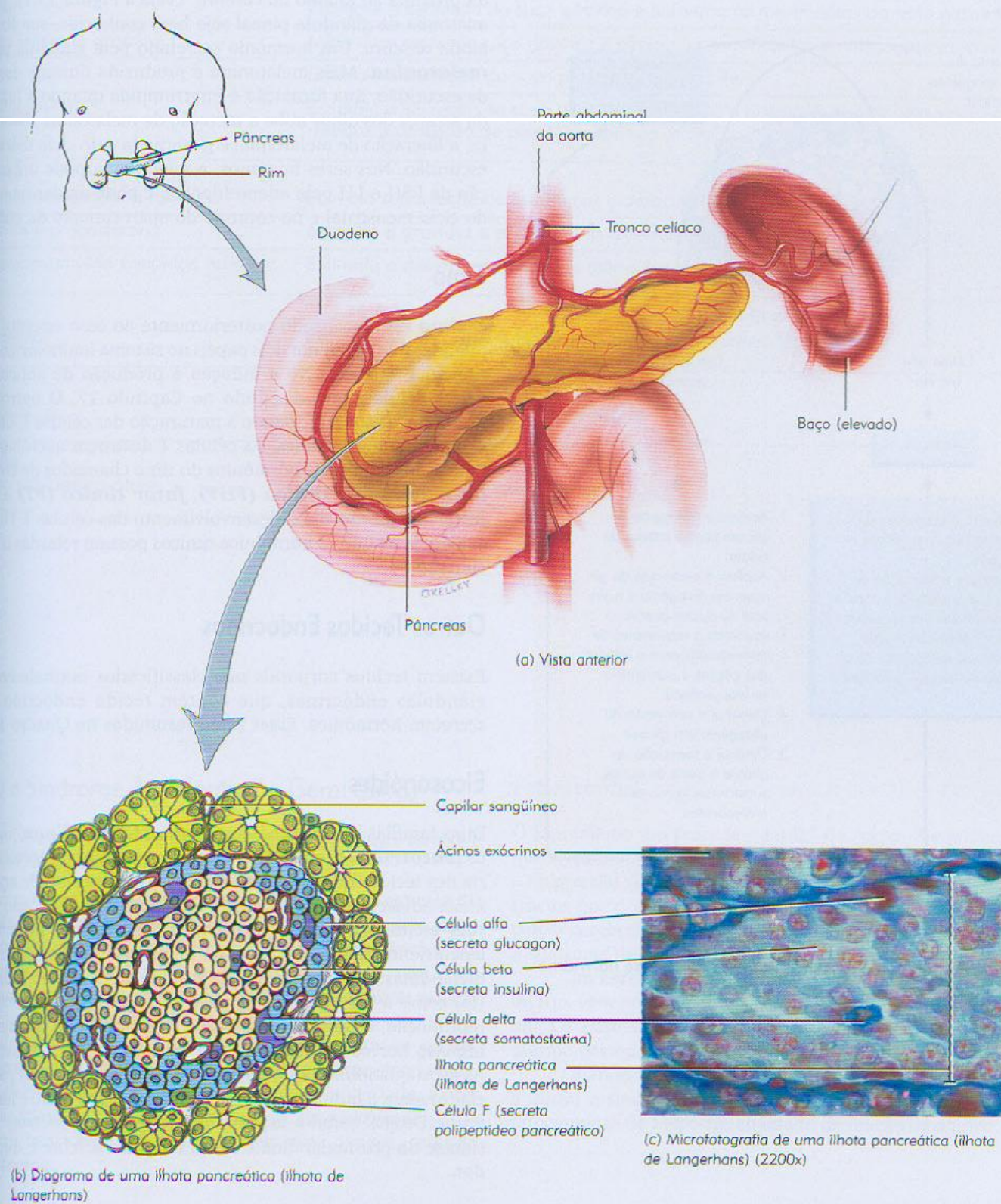
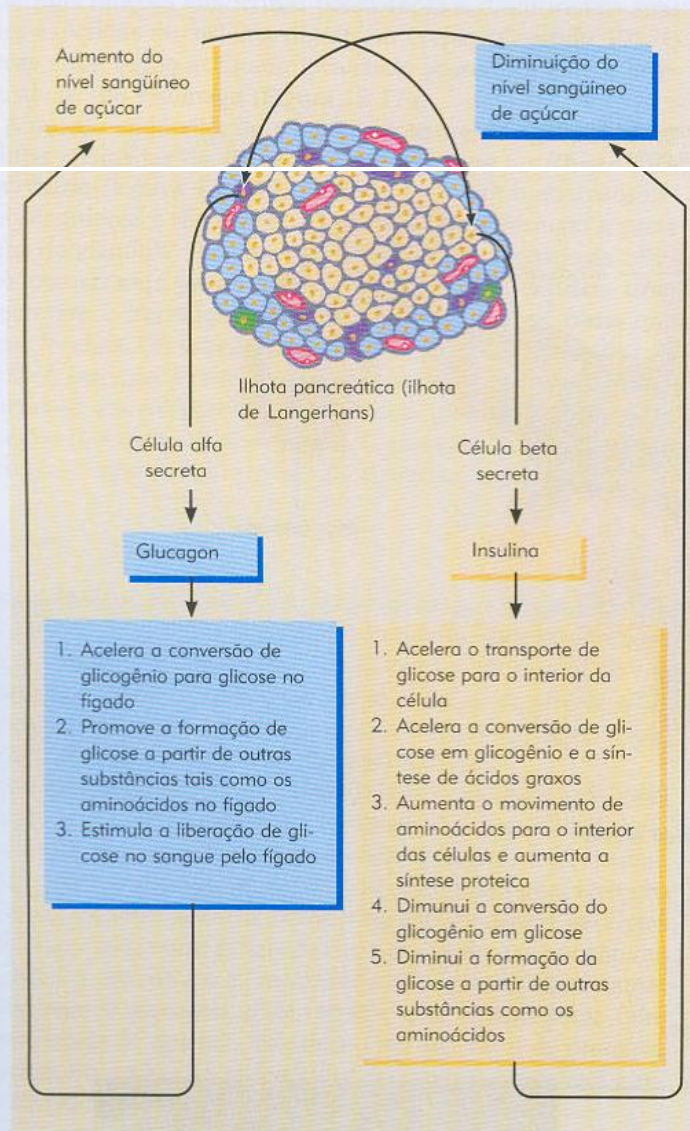
(c) Microfotografia de uma ilhota pancreática (ilhota de Langerhans) (2200x)

Quais hormônios pancreáticos são os principais reguladores do nível sangüíneo de açúcar?

Figura 13.18 Regulação da secreção de glucagon e insulina.

Baixo nível sangüíneo de açúcar estimula a liberação de glucagon, enquanto que alto nível sangüíneo de açúcar estimula a secreção de insulina.

P *Por que o glucagon é algumas vezes chamado de hormônio antiinsulina?*

Glândula Pineal

Objetivo: *Descrever a localização, a histologia e as funçõe glândula pineal.*

A ***glândula pineal*** (*pinealis* = em forma de pinha) está locali da próxima ao tálamo no cérebro. (Veja a Figura 13.1). Embor anatomia da glândula pineal seja bem conhecida, sua fisiolog ainda obscura. Um hormônio secretado pela glândula pineal ***melatonina***. Mais melatonina é produzida durante os perío de escuridão. Sua formação é interrompida quando a luz dete da através dos olhos inibe a secreção de melatonina. Dessa ma ra, a liberação de melatonina é governada pelo ciclo diário de escuridão. Nos seres humanos, a melatonina pode inibir a se ção de FSH e LH pela adeno-hipófise e pode ajudar na regul do ciclo menstrual e no controle do aparecimento da puberda

Timo

O ***timo*** está localizado posteriormente ao osso esterno, entr pulmões. Ele apresenta dois papéis no sistema imunológico. O pa principal, que envolve a indução à produção de anticorpos certas células, será discutido no Capítulo 17. O outro pap hormonal e está relacionado à maturação das células T, um tipo célula sangüínea branca. As células T destroem micróbios e su tâncias invasoras. Os hormônios do timo chamados de ***timosi fator humoral tímico (FHT)***, ***fator tímico (FT)*** e a ***ti poietina*** promovem o desenvolvimento das células T. Há alg evidência de que os hormônios tímicos possam retardar o enve cimento.

Outros Tecidos Endócrinos

Existem tecidos corporais não classificados normalmente co glândulas endócrinas, que contêm tecido endócrino e as secretam hormônios. Esses estão resumidos no Quadro 13.4.

Eicosanóides

Duas famílias de eicosanóides, as ***prostaglandinas***, ou PG os ***leucotrienos***, ou ***LTS***, atuam como hormônios locais na m ria dos tecidos do corpo. Isto significa que seu sítio de ação sã áreas adjacentes em que eles são produzidos. Eles não exer seus efeitos sobre tecidos distantes como outros hormônios leucotrienos são importantes na inflamação dos tecidos. As p taglandinas são importantes na fisiologia normal do múscul (tal como a contração uterina), a secreção, o fluxo sangüíne reprodução, a função plaquetária, a respiração, a transmissã impulso nervoso, o metabolismo de gordura e a resposta im As prostaglandinas também estão envolvidas em certas patolo elas ajudam a induzir a inflamação, promover a febre e intensi a dor. Drogas como a aspirina e o ibuprofeno (*Motrin*) inibe síntese da prostaglandina e assim reduzem a febre e diminu dor.

Quadro 13.4 Resumo dos Hormônios Produzidos pelos Órgãos que Contêm Células Endócrinas

LOCAL DE PRODUÇÃO E HORMÔNIOS	AÇÃO
Trato gastrintestinal	
Gastrina	Promove a secreção do suco gástrico e aumenta os movimentos do trato gastrintestinal.
Peptídeo inibitório gástrico	Inibe a secreção de suco gástrico e diminui os movimentos do trato gastrintestinal.
Secretina	Estimula a secreção do suco pancreático e da bile.
Colecistoquinina	Estimula a secreção de suco pancreático, regula a liberação da bile pela vesícula biliar e produz a sensação de plenitude após as refeições.
Placenta	
Gonadotropina coriônica humana	Estimula a produção de estrógenos e progesterona pelos ovários para manter a gravidez.
Estrógenos e progesterona	Mantêm a gravidez e preparam as glândulas mamárias para secretarem leite.
Somatomamotropina coriônica humana	Estimula o desenvolvimento das glândulas mamárias para a lactação.
Rim	
Eritropoetina	Estimula a produção de células sangüíneas vermelhas (eritrócitos).
Pele	
Vitamina D	Auxilia na absorção de cálcio e fósforo.
Coração	
Peptídeo natriurético atrial	Diminui a pressão sangüínea.

Estresse e Síndrome da Adaptação Geral (SAG)

Objetivo: *Descrever como o corpo responde ao estresse e como ele está relacionado às doenças.*

Os mecanismos homeostáticos tentam contrapor-se ao estresse diário da vida. Se estes mecanismos são bem-sucedidos, o meio interno mantém os limites fisiológicos normais de suas substâncias químicas, temperatura e pressão. Se o estresse for extremo, não usual ou de longa duração, entretanto, os mecanismos normais podem não ser suficientes. Neste caso, o estresse desencadeia uma variedade de alterações corporais denominada ***síndrome de adaptação geral (SAG)***. Deveríamos destacar que é impossível remover todos os estresses de nossas vidas diárias. Na verdade, existe um estresse "positivo" produtivo, referido como ***eustresse*** (*eu* = verdadeiro), bem como um estresse "negativo" danoso, referido como ***distresse***.

Estressantes

O hipotálamo é o "cão de guarda" do corpo. Ele possui sensores que detectam alterações na composição química, na temperatura e na pressão sangüínea e ele é informado das emoções através dos tractos que o conectam com os centros de controle emocional do córtex cerebral. Quando o hipotálamo percebe o estresse ele inicia a síndrome de adaptação geral.

Um ***estressante*** pode ser quase qualquer distúrbio – calor ou frio, venenos ambientais, cirurgias ou uma forte reação emocional. Os estressantes variam entre pessoas diferentes e mesmo na mesma pessoa em diferentes períodos de tempo.

Quando aparece um estressante, ele estimula o hipotálamo a iniciar a síndrome através de duas vias. A primeira via produz um conjunto de respostas chamado de reação de alarme. A segun-

da via, chamada de reação de resistência, é mais vagarosa para iniciar, mas seus efeitos duram por mais tempo.

Reação de Alarme

A ***reação de alarme***, também chamada de ***resposta de "luta-ou-fuga"*** ou ***resposta simpática***, é na verdade um complexo de reações iniciadas pela estimulação hipotalâmica do sistema nervoso simpático e da medula supra-renal (Figura 13.19a). As reações são imediatas e de curta duração, mobilizando os recursos corporais para a imediata atividade física. Na essência, a reação de alarme mobiliza grandes quantidades de glicose e oxigênio aos órgãos que estiverem mais ativos no combate ao perigo. Estes são o cérebro, que deve ficar altamente alerta; os músculos esqueléticos, que podem ter que se contrair fortemente para contra-atacar um oponente, e o coração, que deve trabalhar intensamente para bombear sangue suficiente ao cérebro e músculos. Veja o Capítulo 11 sobre as atividades do sistema nervoso autônomo para revisar as respostas específicas da "luta-ou-fuga".

Os impulsos simpáticos para a medula supra-renal aumentam sua secreção de adrenalina e noradrenalina. Estes hormônios suplementam e prolongam muitas respostas simpáticas aumentando a freqüência e a força de contração cardíaca, aumentando a pressão sangüínea, a contraindo os vasos sangüíneos, acelerando a freqüência respiratória, dilatando as vias respiratórias, aumentando a taxa de catabolismo do glicogênio para elevar o nível sangüíneo de açúcar e diminuindo a taxa de digestão.

Se as respostas ao estresse da reação de alarme forem agrupadas por função, nota-se que elas objetivam aumentar rapidamente a circulação, promover o catabolismo para a produção energética e diminuir as atividades não essenciais. Se o estresse for suficientemente grande, os mecanismos corporais podem não ser capazes de compensar, e pode resultar em morte. Durante a reação de alarme, as atividades digestiva, urinária e genital são inibidas.

Reação de Resistência

O segundo estágio da SAG é a ***reação de resistência*** (Figura 13.19b). Diferentemente da reação de alarme de curta duração, que é iniciada pelos impulsos nervosos provenientes do hipotálamo, a reação de resistência é iniciada pelos hormônios liberadores secretados pelo hipotálamo e é uma reação de longa duração.

Um dos hormônios liberadores estimula a adeno-hipófise a aumentar a secreção de ACTH. O ACTH estimula a liberação dos mineralocorticóides e dos glicocorticóides. Os mineralocorticóides conservam os íons sódio. A retenção do sódio também leva a uma retenção de água, mantendo assim a alta pressão sangüínea característica da reação de alarme. Isso compensaria a perda de fluidos durante uma hemorragia intensa. Os glicocorticóides provocam uma série de reações de estresse; estas foram detalhadas no começo do capítulo.

Dois outros hormônios liberadores são secretados pelo hipotálamo em resposta ao estresse. Eles causam a secreção de hormônio estimulante da glândula tireóide (TSH) e hormônio de crescimento humano (hGH) pela adeno-hipófise. O TSH estimula a secreção de tiroxina e triiodotironina pela glândula tireóide, qu aumentam o catabolismo de carboidratos. O hGH estimula o catabolismo de gorduras e a conversão de glicogênio em glicose. As ações combinadas do TSH e do hGH aumentam o catabolismo suprindo, assim, energia adicional para o corpo.

A reação de resistência da SAG permite que o corpo conti nue a combater o estressante por muito tempo após a dissipação da reação de alarme. Ela fornece a energia, as proteínas funcio nais e as mudanças circulatórias requeridas para enfrentar um crise emocional, a execução de tarefas extenuantes, a luta contr infecções ou a ameaça de sangramento até a morte. Entretanto, células utilizam glicose na mesma taxa em que ela entra na cor rente sangüínea, o que significa que o nível sangüíneo de açúcar retorna ao normal. A pressão sangüínea permanece anormalmen te alta, no entanto, porque a retenção de água aumenta o volume sangüíneo.

Freqüentemente, a reação de resistência é eficiente para n ajudar a passar por uma situação estressante e os nossos corpo então retornam ao normal. Ocasionalmente a reação de resistên cia falha no combate ao elemento estressante. Neste caso, síndrome de adaptação geral segue para o estágio de exaustão.

Exaustão

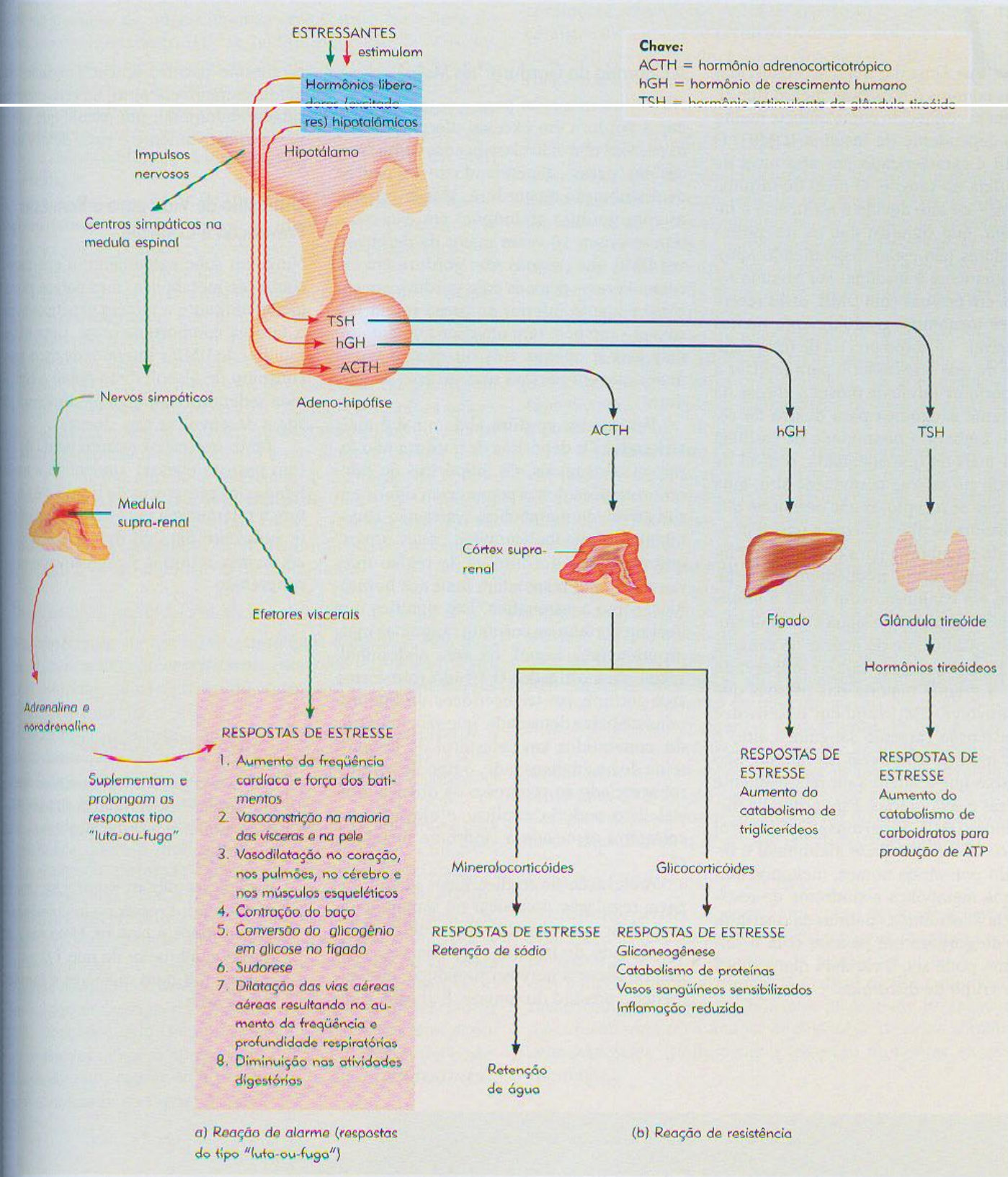
Uma causa principal da exaustão é a perda de íons potássio. Quan do os mineralocorticóides estimulam os rins a reter íons sódio, íons potássio e hidrogênio são trocados pelos íons sódio e excretados no fluido que será a urina. Como principal íon positivo nas células o potássio é parcialmente responsável pelo controle da concentra ção de água no citossol. À medida que as células perdem mai potássio, menos efetivamente elas funcionam. Finalmente, ela começam a morrer. Esta condição é chamada de ***estágio d exaustão***. A menos que isto seja rapidamente revertido, órgã vitais cessam seu funcionamento e a pessoa morre.

Outra causa de exaustão é a depleção de glicocorticóides d supra-renal. Neste caso, o nível sangüíneo de glicose cai repen namente e as células não recebem nutrientes suficientes. Uma ú tima causa para a exaustão são os órgãos enfraquecidos. Uma re ção de resistência de longa duração ou forte impõe uma pesa demanda ao organismo, particularmente ao coração, aos vas sangüíneos e ao córtex supra-renal. Eles podem não estar aptos combater a demanda ou eles podem falhar sob pressão. Neste pon a habilidade em manejar os elementos estressantes é determina em alto grau pela saúde geral do indivíduo.

Estresse e Doenças

Embora o papel exato do estresse nas doenças humanas não s conhecido, está se tornando bastante claro que o estresse p causar certas doenças pela inibição temporária de certos com nentes do sistema imunológico. Condições relacionadas ao estre incluem a gastrite, a colite ulcerativa, a síndrome do intestino i tável, a úlcera péptica, a hipertensão, a asma, a enxaqueca, a n edade e a depressão. Os indivíduos estressados apresentam t bém um maior risco de desenvolvimento de doenças crônica morte prematura.

Figura 13.19 Respostas aos estressantes durante a síndrome de adaptação geral (SAG). As setas coloridas indicam as reações imediatas. As setas pretas indicam as reações duradouras.

Os estressantes estimulam o hipotálamo a iniciar a SAG por meio da reação de alarme e a reação de resistência.

Qual a diferença básica entre a SAG e a homeostase?

foco no bem-estar

Resistência à Insulina: Uma Miscelânea Metabólica

Uma das doenças endócrinas mais comuns é o diabete melito tipo II, também conhecido como diabete melito não-dependente de insulina (DMII). O DMII é caracterizado por alto nível de insulina no sangue. O nível de insulina parece ser alto devido à *resistência à insulina*, que significa que os receptores celulares não estão respondendo apropriadamente à insulina. Por alguma razão, em pessoas com DMII, esses receptores tornam-se gradualmente menos sensíveis e o corpo precisa de mais insulina do que o necessário para realizar a importante tarefa de mover a glicose da corrente sangüínea para dentro da célula. Embora a quantidade de insulina seja mais do que adequada, o nível de açúcar no sangue permanece alto, uma vez que os receptores não permitem que a insulina auxilie a glicose a passar através da membrana para dentro das células. Outro termo freqüentemente utilizado em conjunção com DMII é *intolerância à glicose*, que significa uma regulação insuficiente do açúcar no sangue.

Recentemente, tem-se observado que a grande maioria das pessoas que desenvolve DMII também desenvolve hipertensão (pressão sangüínea alta) e alto nível de colesterol no sangue. São pessoas que tendem a ser relativamente obesas e sedentárias. Este grupo de distúrbios: DMII, hipertensão, colesterol sérico alto e obesidade abdominal é referido por vários nomes, incluindo síndrome metabólica e síndrome de resistência à insulina. O padrão da distribuição de gordura em pessoas com a síndrome pode ser a variável que explica este grupo de distúrbios.

A Charada da Gordura "no Meio"

Há muitas maneiras para o corpo armazenar a gordura em excesso. Recentemente, as pessoas têm sido classificadas como "maçãs" ou "pêras", dependendo do seu padrão de distribuição de gordura. Maçãs – pessoas com gordura abdominal em excesso – têm um risco 10 vezes maior de desenvolver DMII que pessoas sem gordura em excesso. Pêras – pessoas com gordura em excesso na parte inferior do corpo (quadris e coxas) – também têm um risco aumentado, mas este é apenas três ou quatro vezes maior que em pessoas sem excesso de gordura.

Por que ter gordura abdominal é mais arriscado? Os depósitos de gordura não foram criados iguais. Os adipócitos de diferentes regiões do corpo parecem diferir em sua atividade metabólica. Na região abdominal são metabolicamente "mais ativos" que as células gordurosas da região inferior do corpo; respondem mais aos hormônios, como a adrenalina. Isto significa que liberam gordura na corrente sangüínea mais prontamente, a qual, na área abdominal, segue para o fígado. O fígado transforma esta gordura em triglicerídeos de lipoproteína de baixa densidade, que são, mais tarde, convertidos em colesterol de lipoproteína de baixa densidade, o tipo de colesterol associado ao progresso da doença arterial. Isto poderia explicar a elevação no colesterol associada à síndrome metabólica.

A elevação de triglicerídeos pode romper a regulação do açúcar no sangue e desencadear uma elevação da insulina. O nível elevado de insulina, por sua vez, estimula o sistema nervoso simpático, que aumenta a pressão do sangue. E aí está, tudo no mesmo pacote: açúcar sangüíneo al[illegible] lipídios sangüíneos altos, hipertensão e ob[illegible]sidade abdominal; um pacote que aume[illegible]ta significativamente o risco de doença ar[illegible]terial.

Um Estilo de Vida para o Bem-estar: Prevenção e Controle

Ninguém sabe exatamente o que causa [illegible] síndrome metabólica, mas parece estar re[illegible]lacionada tanto a fatores genéticos quan[illegible] a fatores comportamentais. Uma histó[illegible] familiar de DMII é um fator de risco. Fum[illegible] consumo de álcool, dieta pobre e estilo d[illegible] vida sedentário também predispõem a pe[illegible]soa a desenvolver esta doença.

Tanto exercícios quanto perda de pe[illegible] (em pessoas obesas) aumentam a sensi[illegible]lidade dos receptores de insulina e aume[illegible]tam a tolerância à glicose. Isto é geralme[illegible]te suficiente para corrigir o problema o[illegible] ao menos, retardar significativamente s[illegible] progressão.

Pensamento Crítico

Por que a gordura em excesso tende [illegible] ser perdida com mais facilidade na re[illegible]gião abdominal que nas coxas e n[illegible] quadris?

Você corre algum risco? Use uma f[illegible] métrica para medir a circunferência [illegible] seus quadris e cintura. Uma razão c[illegible]tura-quadril maior do que 1,0 para h[illegible]mens e 0,8 para mulheres é conside[illegible]da de risco.

Doenças Comuns

As doenças do sistema endócrino, em geral, envolvem a subprodução ou a superprodução de hormônios.

Doenças da Hipófise

Muitas doenças da adeno-hipófise envolvem o hormônio de crescimento humano (hGH). Se há hipossecreção de hGH durante os anos de crescimento, o crescimento ósseo é lento e os discos epifisiários consolidam-se antes que o indivíduo atinja uma altura normal. Esta condição é chamada de ***nanismo hipofisário***. Outros órgãos do corpo também deixam de crescer e o indivíduo tem uma aparência física de criança em muitos sentidos.

A hipersecreção de hGH durante a infância resulta no ***gigantismo***, que é o aumento anormal no comprimento dos ossos longos. A pessoa cresce demais, mas as proporções corporais são aproximadamente normais.

A hipersecreção de hGH durante a maturidade é chamada de ***acromegalia***, que é mostrada na Figura 13.20a. O hormônio não pode produzir maior crescimento dos ossos longos porque os discos epifisiários já estão consolidados. Ao invés disso, os ossos das mãos, dos pés, da face e da mandíbula tornam-se espessos. Outros tecidos também crescem; as pálpebras, os lábios, a língua e o nariz aumentam e a pele espessa-se e enruga, especialmente na testa e nas plantas dos pés.

A principal anomalia associada à disfunção da neuro-hipófise posterior é o ***diabete insípido*** (*diabetes* = que flui além dos limites; *insipidus* = sem calor). O diabete insípido é o resultado da hipossecreção de ADH, freqüentemente causada por danos à neuro-hipófise ou ao hipotálamo.

Doenças da Glândula Tireóide

A hipossecreção de hormônios tireóideos durante a vida fetal ou infância resulta no ***cretinismo***, mostrado na Figura 13.20b. Dois sintomas clínicos óbvios do cretinismo são o nanismo e a deficiência mental.

O hipotireoidismo durante os anos adultos produz o ***mixedema***, caracterizado por um edema que causa o intumescimento dos tecidos da face dando o aspecto de inchado. O mixedema é mais comum nas mulheres.

A hipersecreção dos hormônios tireóideos aumenta a taxa metabólica, eleva a produção de calor e aumenta a ingestão alimentar. Os sintomas incluem a intolerância ao calor, o aumento da sudorese, a perda de peso apesar do bom apetite, a insônia e o nervosismo. A forma mais comum de hipersecreção dos hormônios tireóideos é a ***doença de Graves***, uma doença auto-imune. Um sinal primário é um aumento da glândula tireóide chamada de ***bócio*** ("papada"). O bócio também ocorre em outras doenças da glândula tireóide e se a ingestão de iodo for inadequada (Figura 13.20c). Os pacientes com doença de Graves também apresentam edema em estruturas posteriores ao olho, causando a protrusão do olho (***exoftalmia***), que é mostrada na Figura 13.20d.

Doenças das Glândulas Paratireóides

Uma deficiência de cálcio devida ao ***hipoparatireoidismo*** causa a despolarização dos neurônios sem os estímulos usuais. Como resultado, os impulsos nervosos aumentam e causam contrações musculares reflexas, espasmos e convulsões. Esta condição é chamada de ***tetania*** (*tetanos* = esticado). O hipoparatireoidismo resulta de remoção cirúrgica das glândulas paratireóides ou de danos causados por doenças paratireóideas, infecções ou lesões.

Doenças das Glândulas Supra-renais

A hipersecreção do mineralocorticóide aldosterona resulta no ***aldosteronismo***, caracterizado por um aumento do sódio e diminuição do potássio sangüíneos. Se a depleção de potássio é grande, os neurônios não conseguem se despolarizar resultando em paralisia muscular. A excessiva retenção de sódio e conseqüentemente de água, aumenta o volume de sangue e também causa hipertensão.

A hipossecreção de glicocorticóides (e aldosterona) resulta na ***doença de Addison***. O potássio aumentado e o sódio diminuído levam à baixa pressão sangüínea, à esidratação, à hipoglicemia, à excessiva pigmentação da pele, às arritmias e à potencial parada cardíaca.

A ***síndrome de Cushing*** é uma hipersecreção de glicocorticóides, especialmente o cortisol e a cortisona (Figura 13.20e). Ela é caracterizada pela redistribuição de gordura resultando em pernas finas acompanhadas por uma "face de lua", "corcova de búfalo" no dorso e abdome pendular.

A ***hiperplasia supra-renal congênita (HAC)*** é uma doença genética caracterizada pelas glândulas supra-renais aumentadas. Indivíduos afetados são incapazes de produzir cortisol. Devido ao bloqueio de certos passos que levam à síntese de cortisol, as moléculas precursoras do cortisol acumulam-se, e algumas destas são convertidas em andrógenos. O resultado é o ***virilismo*** ou masculinização. Na mulher, as características viris incluem o crescimento da barba (Figura 13.20f), o desenvolvimento de uma voz muito mais grave, ocasionalmente o desenvolvimento da calvície, o desenvolvimento de uma distribuição masculina de pêlos no corpo, a atrofia das mamas, a menstruação infreqüente ou ausente e o aumento da musculatura que produz um físico masculinizado.

Doenças Endócrinas do Pâncreas

O ***diabete melito*** refere-se a um grupo de doenças hereditárias, todas as quais levando no final à glicose sangüínea elevada (hiperglicemia) e excreção de glicose na urina à medida que a hiperglicemia aumenta. O diabete melito é também caracterizado pelas três "polis": uma inabilidade de reabsorver água resultando no aumento da produção de urina (poliúria), sede excessiva (polidipsia) e ingestão alimentar excessiva (polifagia).

Existem dois tipos principais de diabete melito, o tipo I e o tipo II. O ***diabete tipo I***, que ocorre abruptamente, é caracterizado por uma deficiência de insulina devido ao declínio no número de células beta produtoras de insulina. Este é chamado de ***diabete dependente de insulina*** porque a administração periódica de insulina é necessária para seu tratamento. Também é chamada de ***diabete juvenil*** porque é mais comumente desencadeado em pessoas com menos de 20 anos, embora persista por toda a vida. As pessoas que desenvolvem diabete tipo I parecem apresentar certos genes que as tornam mais suscetíveis, mas algum fator desencadeado, geralmente uma infecção viral, é necessário. A deficiência de insulina acelera a degradação das reservas de gordura corporal, que produzem ácidos orgânicos chamados de cetonas. O excesso de cetonas causa uma forma de acidose chamada de ***cetose***, que a baixa o pH sangüíneo e pode resultar em morte.

O ***diabete tipo II*** é muito mais comum que o tipo I, representando mais de 90% de todos os casos. O tipo II ocorre mais freqüentemente em pessoas obesas com mais de 40 anos de idade. Também é chamado de ***diabete da maturidade***. Os sintomas clínicos são suaves e o alto nível sangüíneo de glicose pode normalmente ser controlado por dietas, exercícios físicos e/ou drogas antidiabéticas tal como o gliburide (*DiaBeta*). Muitos diabéticos tipo II apresentam uma quantidade suficiente ou mesmo excesso de insulina no sangue. Para estes indivíduos, o diabete surge não de uma falta de insulina, mas provavelmente porque as células perdem os receptores de insulina tornando-se menos sensíveis a ela. O diabete tipo II é, dessa forma, também chamado de ***diabete não-dependente de insulina***.

A hipersecreção resulta em ***hipoglicemia*** e é mais rara que a hipossecreção, e é freqüentemente o resultado de um tumor maligno em uma ilhota. O principal sintoma é a diminuição do nível sangüíneo de glicose, que estimula a secreção de adrenalina, glucagon e hormônio de crescimento humano. Como conseqüência ocorrem ansiedade, sudorese, tremor, aumento da freqüência cardíaca e fraqueza. Além disso, as células cerebrais não recebem glicose suficiente para seu funcionamento eficiente. Esta condição leva à desorientação mental, convulsões, inconsciência e choque.

Figura 13.20 Fotografias de várias doenças endócrinas.

(a) Acromegalia (hipersecreção de hGH durante a idade adulta)

(b) Cretinismo (hipersecreção dos hormônios tireóideos durante a vida fetal ou infância)

(c) Bócio (hipersecreção dos hormônios tireóideos como na doença de Graves ou devido à ingestão inadequada de iodo)

(d) Exoftalmia (hipersecreção dos hormônios tireóideos como na doença de Graves)

(e) Síndrome de Cushing (hipersecreção de glicocorticóides)

(f) Virilismo (hipersecreção de andrógenos)

Resumo dos Estudos

Glândulas Endócrinas (p. 288)

1. As glândulas exócrinas (sudoríparas, sebáceas, mucosas e digestórias) secretam seus produtos através de ductos no interior das cavidades corporais ou nas superfícies corporais.
2. As glândulas endócrinas secretam hormônios na corrente sangüínea.
3. O sistema endócrino consiste das glândulas endócrinas e de vários órgãos que contêm tecidos endócrinos.

Comparação entre os Sistemas Nervoso e Endócrino (p. 288)

1. O sistema nervoso controla a homeostase por meio dos impulsos nervosos; o sistema endócrino utiliza os hormônios.
2. O sistema nervoso causa contrações musculares e secreção glandular; o sistema endócrino afeta virtualmente todos os tecidos do corpo.

Visão Geral dos Efeitos Hormonais (p. 288)

1. Os hormônios regulam o meio interno, o metabolismo e o equilíbrio energético.
2. Eles também ajudam a regular a contração muscular, a secreção glandular e certas respostas imunológicas.
3. Os hormônios têm um papel no crescimento, no desenvolvimento e na reprodução.

Química dos Hormônios (p. 289)

1. Quimicamente, os hormônios são classificados como derivados dos lipídios, como derivados de aminoácidos e como peptídeos e proteínas.
2. Os derivados de lipídios incluem os hormônios esteróides e os eicosanóides.

Mecanismo de Ação Hormonal (p. 291)

1. A quantidade de hormônio liberada é determinada pelas necessidades do hormônio no corpo.
2. As células que respondem aos efeitos dos hormônios são chamadas de células-alvo.
3. Os receptores são encontrados na membrana plasmática e no núcleo das células-alvo.
4. A combinação entre hormônio e receptor ativa uma cadeia de eventos na célula-alvo na qual os efeitos fisiológicos do hormônio são expressos.
5. Um mecanismo de ação hormonal envolve a interação de um hormônio (lipossolúvel) com os receptores no interior das células.
6. Outro mecanismo de ação hormonal envolve a interação de um hormônio (hidrossolúvel) com receptores da membrana plasmática; o segundo mensageiro pode ser o AMP cíclico ou outras substâncias.

Controle das Secreções Hormonais: Controle por Retroalimentação (p. 292)

1. Um mecanismo de controle por retroalimentação negativa evita a hiperprodução ou hipoprodução de um hormônio.
2. As secreções hormonais são controladas pelo nível de substâncias químicas circulantes, impulsos nervosos e hormônios liberadores (excitadores) ou inibidores do hipotálmo.

Hipófise (Glândula Pituitária) (p. 292)

1. A hipófise está fixada ao hipotálamo e consiste de uma adeno-hipófise (lobo anterior) e uma neuro-hipófise (lobo posterior).
2. Os hormônios da hipófise são controlados por hormônios liberadores (excitadores) e inibidores produzidos pelo hipotálamo.
3. Os vasos sangüíneos do hipotálamo à adeno-hipófise anterior transportam os hormônios liberadores ou inibidores hipotalâmicos.
4. A adeno-hipófise consiste de células que produzem hormônio de crescimento humano (hGH), prolactina (PRL), hormônio estimulante da tireóide (TSH), hormônio folículo-estimulante (FSH), hormônio luteinizante (LH), hormônio adrenocorticotrópico (ACTH) e hormônio melanócito-estimulante (MSH).
5. O hGH estimula o crescimento corporal e é controlado pelos hormônios liberadores e inibidores hipotalâmicos.
6. O TSH regula as atividades da glândula tireóide e é controlado pelos hormônios liberadores e inibidores hipotalâmicos.
7. O FSH e o LH estimulam a secreção de estrógenos e progesterona e a maturação de ovócitos pelos ovários, e a secreção de testosterona e produção de espermatozóides pelos testículos. FSH e LH são controlados por um hormônio liberador hipotalâmico.
8. A PRL ajuda a iniciar a secreção láctea e é controlada pelos hormônios liberadores e inibidores hipotalâmicos.
9. O MSH aumenta a pigmentação da pele e é controlado pelos hormônios liberadores e inibidores hipotalâmicos.
10. O ACTH regula as atividades do córtex supra-renal e é controlado por um hormônio liberador hipotalâmico.
11. A neuro-hipófise contém terminações axonais de células neurossecretoras cujos corpos celulares estão localizados no hipotálamo.
12. Os hormônios produzidos pelo hipotálamo e armazenados na neuro-hipófise são a ocitocina (OT) (estimula a contração uterina e a ejeção do leite) e o hormônio antidiurético (ADH) (estimula a reabsorção de água pelos rins e a constrição das arteríolas).
13. A secreção da OT é controlada pela distensão urinária e pela sucção durante a amamentação; o ADH é controlado primariamente pela concentração de água.

Glândula Tireóide (p. 299)

1. A glândula tireóide está localizada junto à laringe.
2. A glândula tireóide consiste de folículos tireóideos compostos de células foliculares, que secretam os hormônios tireóideos tiroxina (T_4) e triiodotironina (T_3), e de células parafoliculares, que secretam calcitonina (CT).
3. Os hormônios da glândula tireóide regulam o uso e a taxa metabólica de oxigênio, o metabolismo celular e o crescimento e o desenvolvimento. A secreção é controlada por um hormônio liberador hipotalâmico.
4. A calcitonina diminui o nível sangüíneo de cálcio. Sua secreção é controlada pelo seu próprio nível no sangue.

Glândulas Paratireóides (p. 301)

1. As glândulas paratireóides estão incluídas na face posterior da glândula tireóide.

2. As glândulas paratireóides consistem de células principais (ou líder) e células oxifílicas.
3. O hormônio paratireóideo (PTH) regula a homeostase do cálcio e do fosfato pelo aumento do nível sangüíneo de cálcio e a diminuição do nível sangüíneo de fosfato. Sua secreção é controlada pelo seu próprio nível no sangue.

Glândulas Supra-renais (Adrenais) (p. 302)

1. As glândulas supra-renais estão localizadas acima dos rins. Elas se constituem de um córtex, externo e uma medula, interna.
2. O córtex supra-renal está dividido em três zonas e cada zona secreta diferentes grupos de hormônios.
3. A zona externa secreta os mineralocorticóides; a zona média secreta os glicocorticóides; e a zona interna secreta os andrógenos.
4. Os mineralocorticóides (por exemplo, a aldosterona) aumentam a reabsorção de sódio e água e diminuem a reabsorção de potássio. Sua secreção é controlada pela via renina-angiotensina e pelo nível sangüíneo de potássio.
5. Os glicocorticóides (por exemplo, o cortisol) promovem o metabolismo normal, ajudam a combater o estresse e servem como antiinflamatórios. Sua secreção é controlada por um hormônio liberador hipotalâmico.
6. Os andrógenos secretados pelo córtex supra-renal possuem efeitos mínimos.
7. A medula supra-renal secreta adrenalina e noradrenalina, que produzem efeitos similares às respostas simpáticas. Elas são liberadas sob estresse.

Pâncreas (p. 308)

1. O pâncreas está localizado posteriormente e ligeiramente abaixo do estômago. Ele é uma glândula endócrina e uma glândula exócrina.
2. A porção endócrina consiste de ilhotas pancreáticas ou ilhotas de Langerhans, compostas de quatro tipos de células – alfa, beta, delta e células F.
3. As células alfa secretam glucagon, as células beta secretam insulina, as células delta secretam somatostatina e as células F secretam polipeptídeo pancreático.
4. O glucagon aumenta o nível sangüíneo de açúcar. Sua secreção é controlada pelo seu próprio nível sangüíneo.
5. A insulina diminui o nível sangüíneo de açúcar. Sua secreção é controlada pelo seu próprio nível sangüíneo.

Ovários e Testículos (p. 308)

1. Os ovários estão localizados na cavidade pélvica e produzem os hormônios sexuais relacionados ao desenvolvimento das características sexuais femininas, ciclo menstrual, gestação e lactação.
2. Os testículos alojam-se dentro do escroto e produzem hormônio sexual relacionado ao desenvolvimento das características sexuais masculinas.

Glândula Pineal (p. 310)

1. A glândula pineal está localizada próxima ao tálamo.
2. Ela secreta melatonina, que possivelmente regula certas atividades reprodutivas.

Timo (p. 310)

1. O timo secreta vários hormônios relacionados à imunidade.
2. A timosina, o fator humoral tímico (FHT), o fator tímico (FT) e a timopoietina promovem o desenvolvimento das células T.

Outros Tecidos Endócrinos (p. 310)

1. Tecidos outros além daqueles normalmente classificados como glândulas endócrinas contêm tecido endócrino e secretam hormônios.
2. Estes incluem o trato gastrintestinal, a placenta, os rins, a pele e o coração (veja o Quadro 13.4).

Estresse e a Síndrome da Adaptação Geral (SAG) (p. 311)

1. Se o estresse é extremo ou não costumeiro, ele desencadeia a síndrome da adaptação geral (SAG).
2. Diferentemente dos mecanismos homeostáticos, esta síndrome não mantém o meio interno constante. De fato, ela faz o contrário, preparando o corpo para enfrentar uma emergência.

Estressantes (p. 311)

1. Os estímulos que produzem a SAG são chamados de estressantes.
2. Um estressante pode ser quase qualquer distúrbio, desde operações cirúrgicas e venenos até fortes reações emocionais.

Reação de Alarme (p. 312)

1. A reação de alarme é iniciada por impulsos nervosos do hipotálamo à divisão simpática do sistema nervoso autônomo e medula supra-renal.
2. As respostas são imediatas e de curta duração, do tipo "luta-ou-fuga", que aumentam a circulação, promovem o catabolismo para produção de energia e redução das atividades não-essenciais.

Reação de Resistência (p. 312)

1. A reação de resistência é inicial pelos hormônios liberados (excitadores) hipotalâmicos.
2. Os glicocorticóides são produzidos em altas concentrações, especialmente durante o estresse, com muitos efeitos fisiológicos distintos.
3. As reações de resistência são de longa duração e aceleram o catabolismo para o fornecimento de energia para combater o estresse.

Exaustão (p. 312)

1. O estágio da exaustão resulta das mudanças dramáticas durante as reações de alarme e de resistência.
2. A exaustão é causada principalmente pela perda de potássio, depleção dos glicocorticóides supra-renais e órgãos enfraquecidos. Se o estresse é muito grande, ele pode levar à morte.

Estresse e Doenças (p. 312)

1. Parece que o estresse pode levar ao desenvolvimento de certas doenças.
2. Condições relacionadas ao estresse incluem a gastrite, a úlcera péptica, a hipertensão e a enxaqueca.

Auto-avaliação

1. Qual das seguintes afirmações NÃO é verdadeira em relação aos hormônios?
a. As respostas hormonais são geralmente mais lentas e duradouras que as respostas do sistema nervoso b. Os hormônios são geralmente controlados por sistemas de retroalimentação negativa c. O hipotálamo inibe a liberação de alguns hormônios d. A maioria dos hormônios é liberada prontamente durante todo o dia e. A secreção hormonal é determinada pelas necessidades corporais para que se mantenha a homeostase.
2. Qual das seguintes afirmações em relação à ação hormonal NÃO é verdadeira?
a. Os hormônios provocam alterações nas atividades metabólicas das células b. As células-alvo devem ter sitros de receptores para o hormônio c. Os hormônios lipossolúveis podem entrar diretamente nas células alvo e ativar os genes d. Um hormônio que se liga ao receptor na membrana é considerado o primeiro mensageiro e. O ATP é um segundo mensageiro comum nas células-alvo
3. Qual das seguintes afirmações é falsa?
a. A secreção hormonal pela adeno-hipófise é controlada pelos hormônios liberadores b. A hipófise é fixada ao hipotálamo pelo infundíbulo c. Vasos sangüíneos especiais conectam a neuro-hipófise ao hipotálamo d. A adeno-hipófise compreende a maior parte da hipófis e. A neuro-hipófise armazena hormônios produzidos pelas células neurossecretoras do hipotálamo
4. O hormônio que promove a liberação do leite das glândulas mamárias e que estimula as contrações uterinas é:
a. ocitocina (OT) b. prolactina (PRL) c. relaxina d. calcitonina (CT) e. hormônio folículo-estimulante (FSH)
5. As glândulas paratireóides estão em contato com:
a. o tálamo b. o timo c. o hipotálamo d. o pâncreas e. a glândula tireóide
6. A glândula que prepara o corpo para reagir ao estresse pela liberação de adrenalina é:
a. a neuro-hipófise b. a adeno-hipófise c. o córtex supra-renal d. a medula supra-renal e. o pâncreas
7. O hormônio que age antagonicamente à insulina é:
a. a noradrenalina b. a aldosterona c. o glucagon d. o hormônio paratireóideo e. a timosina
8. Os hormônios glicocorticóides são secretados pela:
a. medula supra-renal b. células parafoliculares c. ilhotas pancreáticas (ilhota de Langerhans) d. córtex supra-renal e. rins
9. As células pancreáticas que secretam insulina são chamadas de:
a. células principais b. células beta c. células F d. células alfa e. células delta
10. Qual das seguintes afirmações NÃO é verdadeira com relação ao hormônio de crescimento humano (hGH):
a. Ele estimula a síntese protéica b. Ele tem um tecido-alvo primário no corpo c. Ele estimula o crescimento do músculo esquelético d. A sua hipossecreção durante a infância resulta em nanismo e. A hipoglicemia pode estimular a liberação do hGH da hipófise
11. O hormônio folículo-estimulante (FSH) atua nos________ ____________ e o hormônio luteinizante (LH) atua nos (nas)______________.
a. ovários; testículos b. testículos; ovários c. ovários e testículos; ovários e testículos d. ovários; glândulas mamárias e. ovários e útero; testículos
12. Uma injeção de hormônio adrenocorticotrópico (ACTH) irá:
a. estimular os ovários b. influenciar a atividade da glândula tireóide c. estimular a liberação dos hormônios do córtex supra-renal d. causar contrações uterinas e. diminuir a produção de urina
13. Qual das seguintes afirmações NÃO é verdadeira com relação aos glicocorticóides?
a. Eles ajudam a controlar o equlíbrio eletrolítico b. Eles ajudam a fornecer resistência ao estresse c. Eles ajudam a promover o metabolismo normal d. Eles são hormônios antiinflamatórios e. Eles fornecem energia ao corpo por meio da gliconeogênese
14. Os mineralocorticóides:
a. ajudam a prevenir a perda de potássio do corpo b. são secretados com base na via renina-angiotensina c. aumentam a taxa de perda de sódio na urina d. estão envolvidos no aumento da pressão sangüínea e. aumentam a perda de água do corpo pelo aumento da produção de urina
15. Faça as associações:

________a.	Diabete insípido	A. hipersecreção de glicocorticóides
________b.	Diabete melito	B. hipossecreção de hormônio antidiurético (ADH)
________c.	Mixedema	C. hipossecreção de insulina
________d.	Síndrome de Cushing	D. hipossecreção de glicocorticóides
________e.	Doença de Addison	E. hipossecreção de hormônio tireóideo
________f.	Acromegalia	F. hipossecreção de hormônio paratireóideo
________g.	Tetania	G. hipersecreção de hormônio paratireóideo

16. O hormônio que é controlado por um sistema de retroalimentação positiva é:
a. ocitocina b. melatonina c. insulina d. aldosterona e. testosterona
17. A melatonina é secretada pela:
a. adeno-hipófise b. neuro-hipófise c. glândula pineal d. pâncreas e. timo
18. O hormônio que controla a taxa metabólica e o metabolismo celular é:
a. relaxina b. tiroxina c. insulina d. aldosterona e. hormônio paratireóideo
19. Qual dos seguintes hormônios antagonistas estão corretamente pareados?
a. hormônio paratireóideo/hormônios tireóideos b. hormônio paratireoidal/calcitonina c. ocitocina/ glicocorticóides d. aldosterona/ocitocina e. hormônios tereóideos/timosina

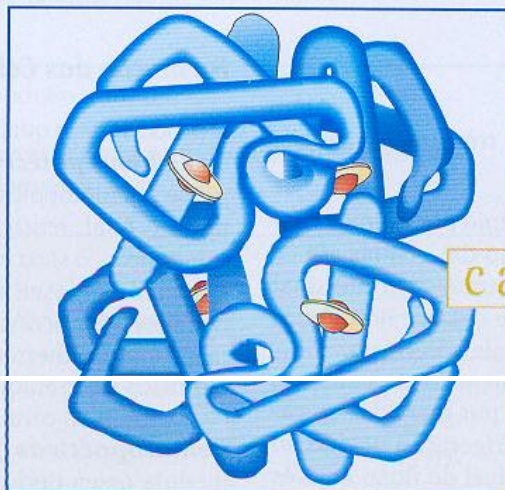
Aplicação do Pensamento Crítico

1. Rand estava pedalando em uma prova de 50 milhas em um dia quente de verão. Ele estava suando abundantemente e, além disto, perdeu sua garrafa de água. Como seus hormônios irão responder a esta situação?
2. Quando Kelly entrou em sua aula de anatomia e fisiologia (com 5 minutos de atraso) foi dado a ela um exame. Ela tinha perdido as aulas por uma semana porque decidiu ficar na praia. Preveja como seu corpo irá reagir a este estresse?
3. O bócio (uma glândula tireóide hipertrofiada) era bastante comum nas regiões do meio oeste dos E.U.A. antes do sal ser iodado de rotina. Explique A relação entre o iodo e a glândula tireóide.
4. Beatrice tinha um saco grande de biscoitos de chocolate e uma Coca-Cola grande para almoço. Desenhe um sistema de retroalimentação negativa que ilustre o controle de seu nível sangüíneo de açúcar.
5. Alguns alterofilistas usam esteróides anabolizantes (uma forma de testosterona) para aumentar o crescimento muscular. Utilizando seu conhecimento do controle hormonal por retro-alimentação, explique o efeito dos esteróides anabolizantes sobre a produção corporal de testosterona.
6. A melatonina pode ter um papel na regulação dos ciclos de sono. Ela também tem sido usada como uma possível medicação contra mudanças bruscas de fuso horário durante viagens intercontinentais. Explique a relação entre a secreção de melatonina e a luz.

Respostas às Perguntas das Figuras

13.1 As secreções das glândulas endócrinas difundem-se nos espaços extracelulares e então no sangue; as secreções exócrinas fluem nos ductos que levam às cavidades corporais ou à superfície do corpo.
13.2 Fígado ou rins.
13.3 Ele traz a mensagem do primeiro mensageiro, o hormônio hidrossolúvel, para o interior da célula.
13.4 Adeno-hipófise.
13.5 Glândula tireóide, córtex supra-renal, ovários e testículos.
13.6 Esquelética e muscular.
13.7 Ocitocina e hormônio antidiurético.
13.8 Contrações uterinas e ejeção láctea.
13.9 Dor, estresse, trauma, nicotina, Na^+ alto, morfina e alguns anestésicos.
13.10 As células foliculares secretam T_3 e T_4, também conhecidos como hormônios tireóideos. As células parafoliculares secretam calcitonina.
13.11 Aumenta.
13.12 Glândula tireóide.
13.13 Ela aumenta seu número e atividade.
13.14 A zona externa secreta mineralocorticóides, a zona média secreta glicocorticóides e a zona interna secreta (gonadocorticóides).
13.15 Ele produz vasoconstrição e estimula a secreção de aldosterona.
13.16 Baixo, devido à supressão por retroalimentação negativa.
13.17 Insulina e glucagon.
13.18 Ele tem diversos efeitos que são opostos aos da insulina.
13.19 A SAG não mantém um meio interno normal; a homeostase, sim.

objetivos do aprendizado

1. Discutir a formação, a estrutura e as funções dos componentes do sangue. 322
2. Listar os componentes e as funções do plasma sangüíneo. 330
3. Explicar a classificação do sangue em grupos ABO e Rh. 334

O Sistema Cardiovascular (Circulatório): Sangue

uma visão geral

Funções do Sangue

Sangue é o tecido conjuntivo líquido que tem três funções gerais: regulação, transporte e proteção.

1. **Transporte**. O sangue transporta oxigênio dos pulmões até as células do corpo e dióxido de carbono das células até os pulmões. Também, leva os nutrientes do trato gastrintestinal até as células; calor e resíduos para longe delas; e hormônios das glândulas endócrinas até outras células do corpo.
2. **Regulação**. O sangue regula o pH por meio de tampões. Também ajusta a temperatura do corpo por meio de sua capacidade de absorção de calor e de refrigeração devido ao seu conteúdo de água e à sua taxa variável de fluxo através da pele, onde o excesso de calor pode ser dissipado para o ambiente. O sangue também influencia a quantidade de água no interior das células, principalmente por meio de íons e proteínas dissolvidas.
3. **Proteção**. O mecanismo de coagulação protege contra perdas sangüíneas, e alguns glóbulos brancos fagocíticos, ou proteínas plasmáticas especializadas, tais como anticorpos, protegem de micróbios e toxinas externas.

Características Físicas do Sangue

O sangue é um fluido viscoso (pegajoso): é mais pesado, mais grosso e mais viscoso que a água. Sua temperatura fica em torno de 38ºC (100.4ºF), seu pH, em torno de 7,35 a 7,45 (levemente alcalino) e sua concentração de sal (NaCl) é de 90%. O volume de sangue de um homem adulto de tamanho médio é de 5 a 6 litros; uma mulher adulta de tamanho médio tem de 4 a 5 litros. O sangue perfaz 8% do peso corporal total.

Componentes do Sangue

Objetivo: *Discutir a formação, a estrutura e a função dos componentes do sangue.*

O sangue é composto de duas porções: (1) 45% de seu volume é composto de elementos figurados (células e fragmentos celulares) e (2) 55% é plasma (líquido que contém substâncias dissolvidas) (Figura 14.1).

Elementos Figurados

Os ***elementos figurados*** do sangue são (Figura 14.2):

I. Eritrócitos (glóbulos vermelhos)
II. Leucócitos (glóbulos brancos)
  A. Leucócitos granulares (granulócitos)
    1. Neutrófilos
    2. Eosinófilos
    3. Basófilos
  B. Leucócitos agranulares (agranulócitos)
    1. Linfócitos
    2. Monócitos
III. Plaquetas (trombócitos)

Formação das Células Sangüíneas

O processo pelo qual se as células sangüíneas são formadas é cham do de ***hemopoiese*** (*hemo* = sangue; *poiem* = fazer), ou hemat poese (hematopoiese ou hemocitopoese). Durante a vida embri nária e fetal, existem vários centros para a produção de célu sangüíneas: o saco vitelínico, o fígado, o baço, o timo, os linfonod e a medula óssea vermelha. Após o nascimento, entretanto, hematopoese ocorre na medula óssea vermelha, em ossos long tais como o úmero e o fêmur; em ossos chatos como o esterno, em ossos do crânio; as costelas; as vértebras; o osso do quadril.

Todas as células sangüíneas se originam de ***células-tron hematopoéticas*** (*hemocitopoéticas ou hemopoiéticas*), células d medula óssea derivadas do mesênquima. Estas células sofrem d ferenciação em cinco tipos de células a partir dos quais os prin pais tipos de células sangüíneas se desenvolvem (Figura 14.2).

Eritrócitos (Glóbulos Vermelhos ou Hemácias)

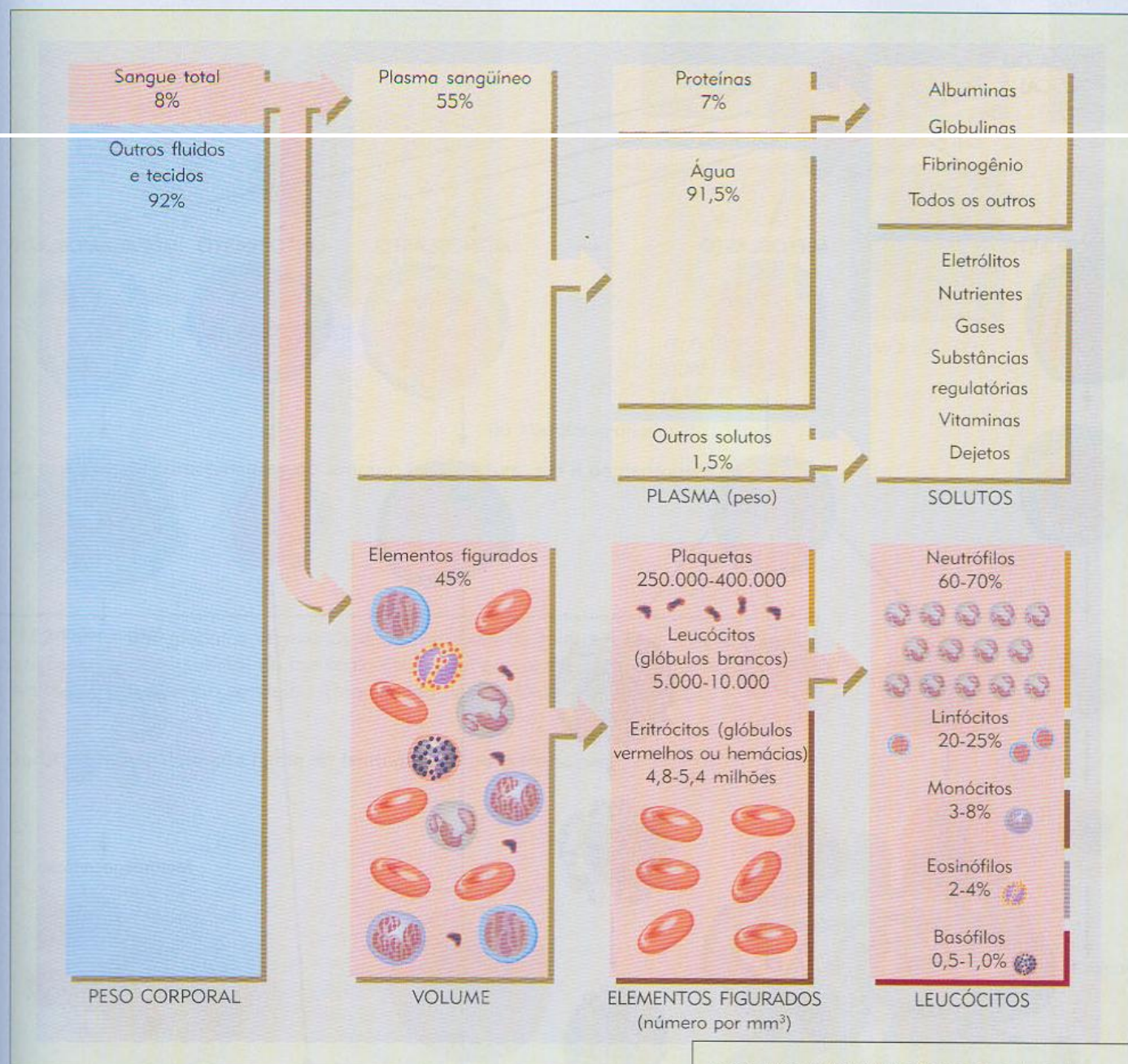
Estrutura Os ***eritrócitos*** (*erythros* = vermelho; *cyte* = célula) o ***glóbulos vermelhos*** são discos bicôncavos com, em média, 8 μ de diâmetro* (Figura 14.3a). Os glóbulos vermelhos maduros tê uma estrutura muito simples. Não possuem núcleo ou outr organelas e não têm capacidade de divisão ou de executar ativid des metabólicas extensivas. Essencialmente, consistem de uma mem brana plasmática de permeabilidade seletiva, citosol e um pigmen vermelho chamado de ***hemoglobina***. A hemoglobina transport oxigênio às células do corpo e é responsável pela cor vermelha d sangue. Como será explicado adiante, certas proteínas (antígeno na superfície dos glóbulos vermelhos são responsáveis pelos vár dos grupos sangüíneos tais como os grupos ABO e Rh.

Funções A hemoglobina nos eritrócitos combina-se com o oxigên e com o dióxido de carbono e os transporta pelos vasos sangüíneo A molécula de hemoglobina consiste de quatro porções protéic chamadas de ***globinas*** e quatro pigmentos não-protéicos cham dos de ***hemes***, cada um dos quais é ligado a uma proteína e co têm ferro (Figura 14.3b). Quando os eritrócitos passam pelos pu mões, cada átomo de ferro nas moléculas de hemoglobina comb na-se com uma molécula de oxigênio. O oxigênio é transportado outros tecidos do corpo. Nos tecidos, a reação ferro-oxigênio reverte e o oxigênio é liberado para difundir-se no fluido intersti e nas células. Embora algum dióxido de carbono seja transporta pela hemoglobina, a maior parte é levada no plasma sangüín (veja o Capítulo 18). Como os eritrócitos não têm mitocôndria geram ATP anaerobiamente, eles não consomem nada do oxigê que transportam.

Vida Média e Números Os glóbulos vermelhos vivem somente e torno de 120 dias, pelos danos que suas frágeis membra plasmáticas sofrem quando se espremem nos estreitos capila sangüíneos. Os glóbulos vermelhos danificados são fagocitados p macrófagos no baço, no fígado e na medula óssea. A hemoglobi dos glóbulos vermelhos é subseqüentemente reciclada (Figu 14.4). A globina é separada das porções heme e degradada aminoácidos que podem ser reutilizados por outras células par síntese de proteínas. O heme é degradado a ferro e biliverdina. ferro é armazenado no fígado até ser liberado para transporte

*N. de R.T. 1 μm = 1/25.000 de polegada ou 1/10.000 de centímetro (cm) o 1.000 de milímetro (mm).

Figura 14.1 Componentes do sangue em um adulto normal.

O sangue é um tecido conjuntivo que consiste de plasma (líquido) mais elementos figurados (eritrócitos, leucócitos e plaquetas).

RESUMO DAS FUNÇÕES DO SANGUE

1. Transporte. O sangue transporta oxigênio, dióxido de carbono, nutrientes, hormônios, calor e resíduos.
2. Regulação. O sangue ajuda na regulação do pH, da temperatura corporal e do conteúdo de água nas células.
3. Proteção. O sangue protege da perda de sangue por meio da coagulação, e dos micróbios e toxinas estranhos por meio das atividades de glóbulos brancos fagocíticos e de certas proteínas plasmáticas.

Quais os três componentes que compõem o sistema cardiovascular (circulatório)?

Figura 14.2 Células sangüíneas.

A produção de células sangüíneas é chamada de hemopoiese (hematopoiese, hematopoese ou hemocitopoese). Após o nascimento, ocorre apenas na medula óssea vermelha.

CÉLULA-TRONCO HEMOPOIÉTICA (HEMATOPOIÉTICA OU HEMOCITOPOÉTICA)

PROERITROBLASTO

MIELOBLASTO

MONOBLASTO

LINFOBLASTO

MEGACARIOBLASTO

Megacariócito

Metamegacariócito

Reticulócito

ERITRÓCITOS

EOSINÓFILOS

NEUTRÓFILOS

BASÓFILOS

MONÓCITOS

LINFÓCITOS

T

B

PLAQUETAS

Sangue periférico

Leucócitos granulares

Leucócitos agranulares

Macrófago tissular

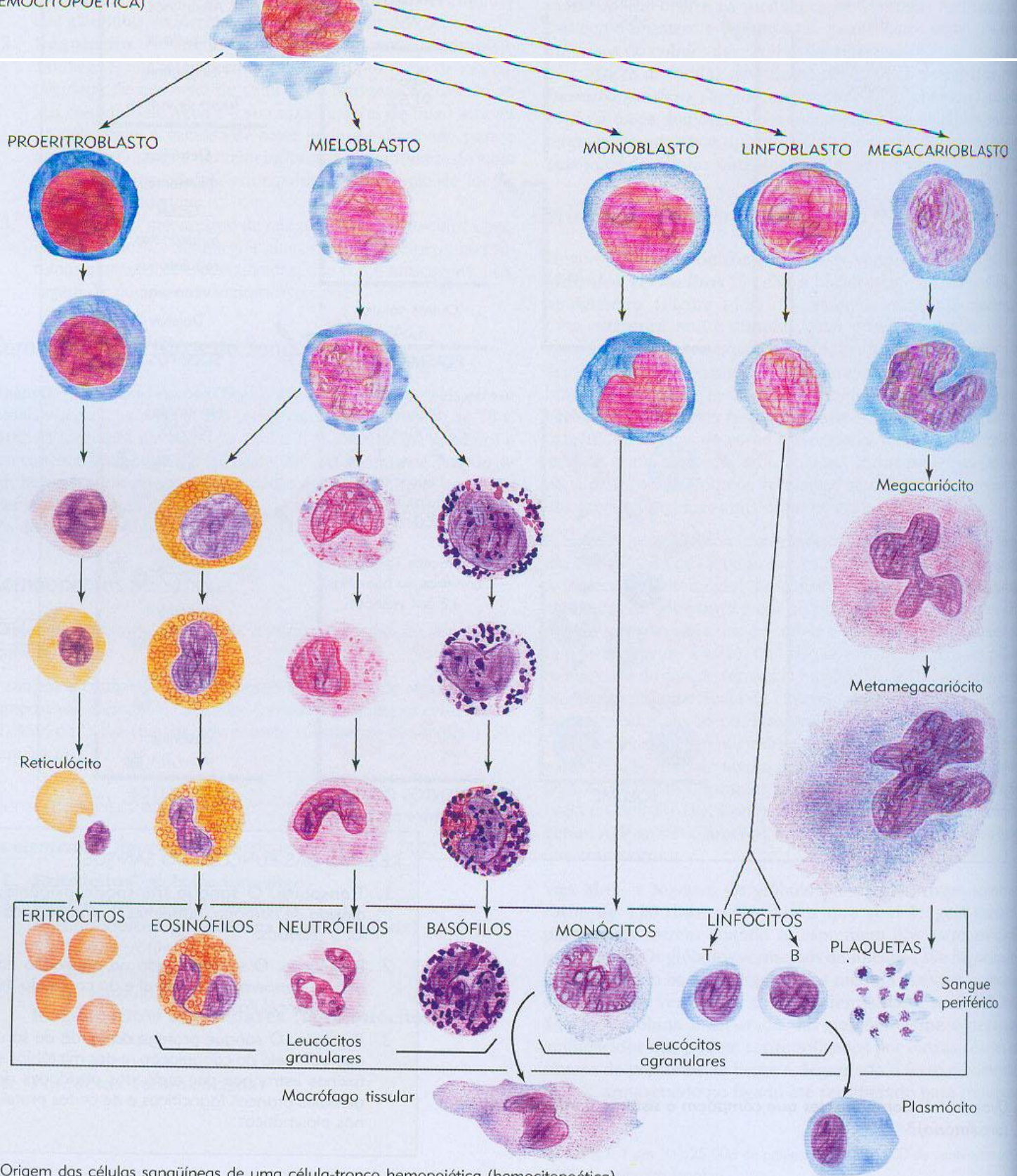
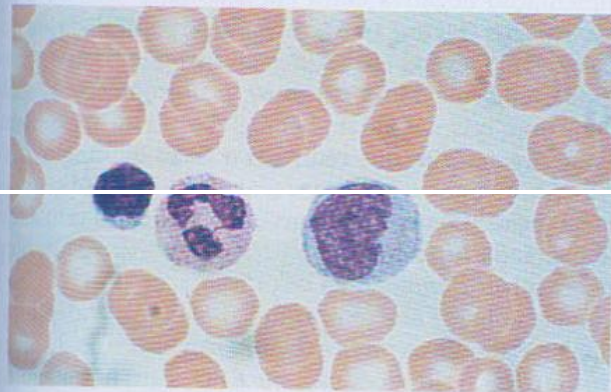
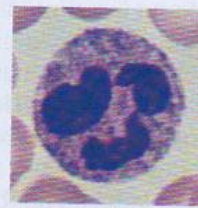
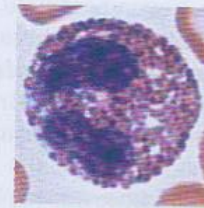
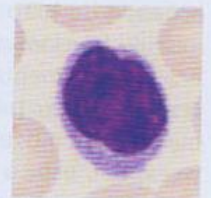
Plasmócito

(a) Origem das células sangüíneas de uma célula-tronco hemopoiética (hemocitopoética)

Figura 14.2 (Continuação)

(b) Microfotografias

Cite as seguintes características do sangue: temperatura, pH e porcentagem do peso corporal total.

Figura 14.3 Forma dos glóbulos vermelhos e da molécula da hemoglobina. Em (b), as quatro porções protéicas (globina) da molécula aparecem em azul; as porções heme (contendo ferro) são mostradas em vermelho. (Modificada de R.E. Dickerson e I. Geis.).

O oxigênio liga-se à porção heme da hemoglobina para transporte.

Chave:
1 μm = 1/25.000 de polegada
ou
1/10.000 de cm
ou
1/1.000 de mm

(a) Forma do glóbulo vermelho

(b) Molécula da hemoglobina

Quantas moléculas de O_2 uma hemoglobina consegue transportar?

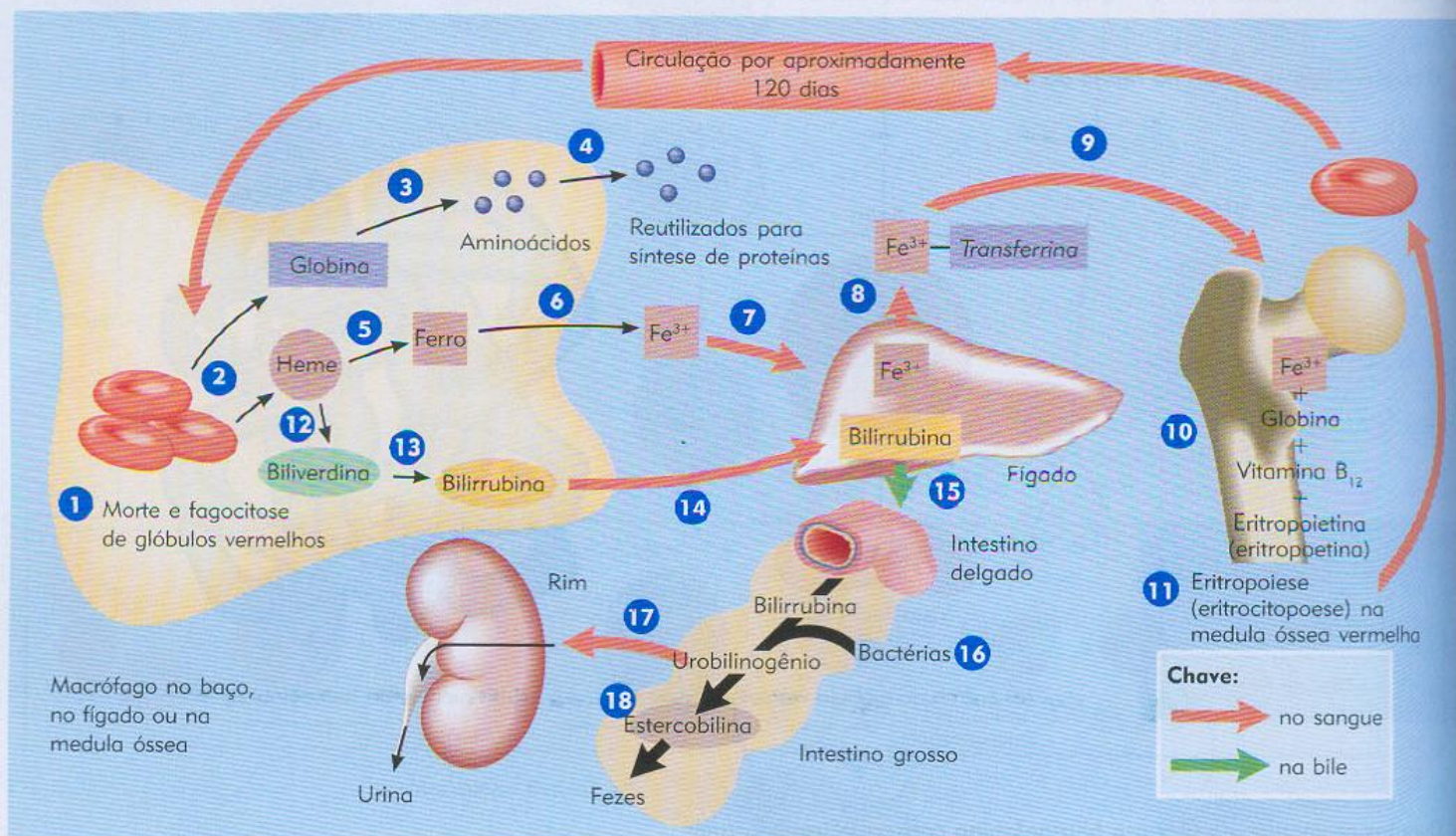
a medula óssea para ser reutilizado na síntese de hemoglobina. A porção não-ferrosa do heme é convertida em ***biliverdina***, um pigmento esverdeado, e, então, em ***bilirrubina***, que tem cor amarela. A bilirrubina é excretada pelo fígado no intestino delgado. À medida que a bilirrubina passa ao intestino grosso, a maior parte é convertida em ***urobilinogênio*** por bactérias. A maioria deste é convertida em um pigmento marrom (***estercobilina***), dando às fezes sua coloração característica. Um pouco de urobilinogênio é excretado na urina.

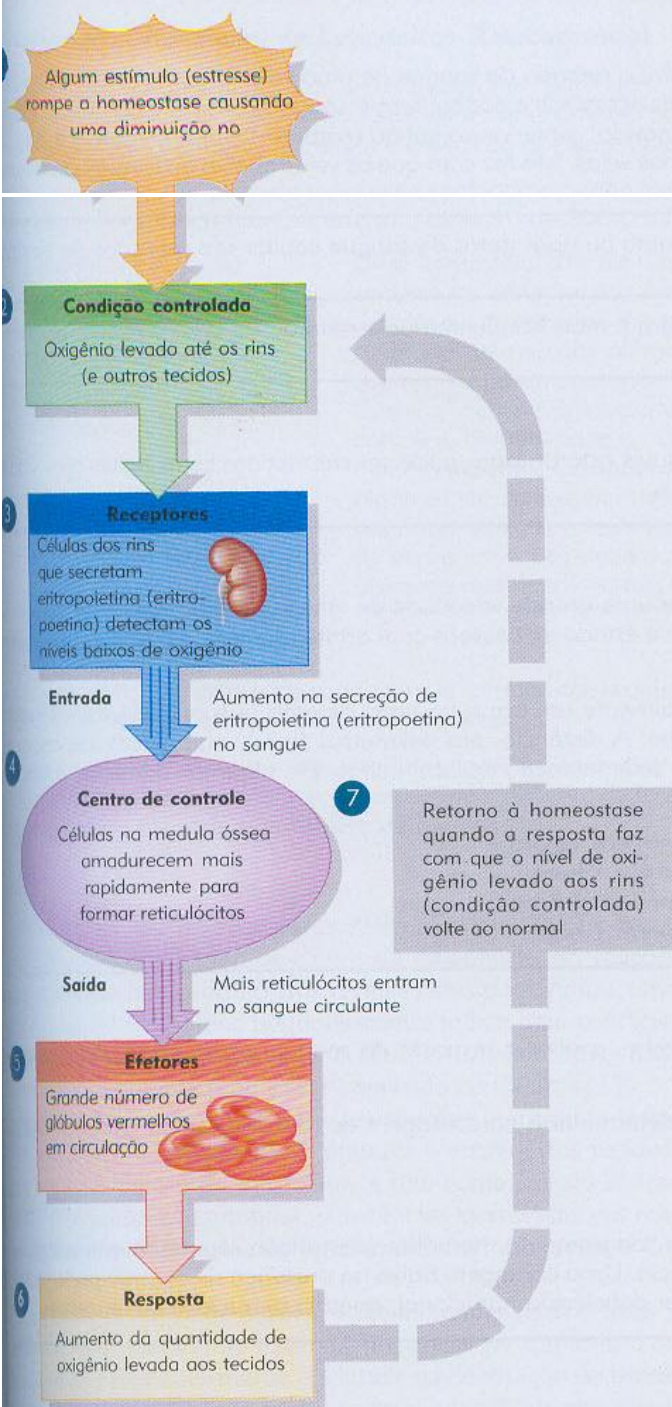
Icterícia é uma condição em que há amarelamento do "branco" do olho (esclera), da pele e das túnicas mucosas devido ao acúmulo de bilirrubina no corpo. Como o fígado de um recém-nascido funciona mal durante a primeira semana de vida, muitos bebês experimentam uma forma leve de icterícia, chamada de ***icterícia neonatal*** (fisiológica), ou *"amarelão"*, que desaparece à medida que o fígado amadurece. O tratamento geralmente envolve expor o bebê à luz azul, que converte a bilirrubina em substâncias que os rins podem excretar.

Produção de Glóbulos Vermelhos O processo pelo qual os eritrócitos são formados é chamado de ***eritropoiese*** (eritrocitopoese). Acontece na medula vermelha dos ossos (veja a Figura 14.2). Normalmente, a eritropoiese (eritrocitopoese) e a destruição dos glóbulos vermelhos procedem no mesmo ritmo. Se a capacidade de tran porte de oxigênio do sangue baixar porque a eritropoie (eritrocitopoese) não está conseguindo formar glóbulos para o por aqueles que estão sendo destruídos, um sistema d retroalimentação negativa entra em ação para acelerar a prod ção de eritrócitos (Figura 14.5). A condição controlada é a quanti dade de oxigênio levada aos tecidos do corpo. A "entrega" de ox gênio pode falhar devido à ***anemia***, a um número de glóbulo vermelhos ou à quantidade de hemoglobina abaixo do normal, problemas circulatórios que reduzem o fluxo de sangue aos tec dos, à doença pulmonar crônica e a altas altitudes (discutidos e detalhe na seção "Doenças Comuns"). A deficiência celular de ox gênio é chamada ***hipoxia***. Uma pessoa com hipoxia prolongad pode desenvolver *cianose*, uma coloração azul-arroxeada na pele evidente nas unhas e nas túnicas mucosas. Independente da cau sa, a hipoxia estimula os rins a acelerarem a liberação do hormôni ***eritropoietina*** (eritropoetina), ou ***EPO***. Este hormônio circul através do sangue até a medula óssea, onde acelera a produção d glóbulos vermelhos (eritropoiese ou eritrocitopoese).

Uma aplicação clínica da eritropoietina (eritropoetina) ge neticamente planejada é o aumento da quantidade de sangue que pode ser produzido e coletado por indivíduos que escolhem doa seu próprio sangue antes de uma cirurgia. Alguns atletas, tentam

Figura 14.4 Formação e destruição de glóbulos vermelhos e reciclagem dos componentes da hemoglobina.

A taxa de formação de glóbulos vermelhos pela medula óssea é normalmente igual à sua taxa de destruição pelos macrófagos.

Qual substância é responsável pela cor das fezes?

14.5 Regulação da eritropoiese (eritrocitopoese) (formação de glóbulos vermelhos) por retroalimentação negativa.

Qual o termo usado para deficiência celular de oxigênio?

...melhorar seu desempenho, usam eritropoietina (eritropoetina) ...mo *doping* sangüíneo, uma prática que é perigosa porque au...nta a viscosidade do sangue e por conseguinte a carga de trabalho do coração. O *doping* sangüíneo é também considerado deso...sto pelo Comitê Olímpico Internacional.

O teste para medir a taxa de eritropoiese (eritrocitopoese) é ...mado de contagem de reticulócitos. Este e vários outros testes ...tivos aos glóbulos vermelhos são mostrados no Quadro 14.1.

Um homem saudável tem aproximadamente 5,4 milhões de glóbulos vermelhos por milímetro cúbico (mm³) de sangue, e uma mulher normal, por volta de 4,8 milhões. Uma gota de sangue tem em torno de 50 mm³. A quantidade maior em homens é causada pelos níveis mais altos de testosterona, o que estimula a produção de glóbulos vermelhos. Para manter as quantidades normais de eritrócitos, o corpo deve produzir novas células maduras a uma taxa impressionante de 2 milhões por segundo. Para que a medula óssea possa produzir quantidades adequadas de glóbulos vermelhos saudáveis, o indivíduo deve consumir quantidades adequadas de ferro, proteína, ácido fólico e vitamina B_{12} e produzir ***fator intrínseco*** suficiente no estômago para absorver a vitamina B_{12} ingerida. O fator intrínseco é necessário para o movimento da vitamina B_{12} do intestino delgado para a corrente sangüínea.

Leucócitos (Glóbulos Brancos)

Tipos e Estrutura dos Glóbulos Brancos Ao contrário dos glóbulos vermelhos, os ***leucócitos*** (*leukos* = branco; *cyte* = célula) ou ***glóbulos brancos*** têm núcleo e não contêm hemoglobina (Figura 14.2). São divididos em dois grupos principais. O primeiro é ***leucócitos granulares***. Estes apresentam grânulos grandes em seu citoplasma que podem ser observados sob microscópio óptico e um núcleo com lobos. Existem três grupos de leucócitos granulares, que são divididos de acordo com o tipo de corante que evidencia os seus grânulos: (1) os ***neutrófilos*** têm de 10 a 12 μm de diâmetro com grânulos que coram em lilás claro; (2) os ***eosinófilos*** têm de 10 a 14 μm de diâmetro com grânulos que se coram em laranja ou vermelho; e (3) os ***basófilos*** têm de 8 a 10 μm de diâmetro e grânulos que se coram em azul arroxeado.

O segundo grupo principal é o dos chamados ***leucócitos agranulares***, que têm este nome porque seus grânulos não podem ser observados com o microscópio óptico comum devido ao seu tamanho reduzido e à dificuldade de corá-los. Os ***linfócitos*** podem ser bem pequenos, entre 6 e 9 μm de diâmetro, ou maiores, entre 10 e 15 μm de diâmetro; os *monócitos* podem ter entre 12 e 20 μm de diâmetro.

Funções A pele e as túnicas mucosas do corpo são continuamente expostas a micróbios, tais como bactérias, e suas toxinas. Alguns destes micróbios são capazes de invadir os tecidos profundos e causar doenças. Uma vez dentro do corpo, os leucócitos combatem os micróbios por fagocitose e produção de anticorpos. Os neutrófilos e os monócitos são ativamente ***fagocíticos***: podem ingerir bactérias e digerir células mortas (veja a Figura 3.6). Os neutrófilos respondem primeiro à invasão bacteriana, fazendo fagocitose e liberando enzimas, como as lisozimas, que destroem certas bactérias. Os monócitos levam um pouco mais de tempo para chegar ao local da infecção que os neutrófilos, mas quando chegam, o fazem em grande número e destroem ainda mais micróbios. Os monócitos que migram aos tecidos infectados são chamados de ***macrófagos*** (*macro* = grande; *phagen* = comer) ***tissulares*** ou ***errantes***. Também fazem a limpeza dos restos celulares após uma infecção. A maioria dos leucócitos possui, em certo grau, a habilidade de passar através dos espaços diminutos entre as células que formam as paredes dos capilares e através dos tecidos epitelial e conjuntivo. Este movimento é chamado ***emigração*** (*e* = para fora; *migrare* = mover-se). Veja a Figura 12.6. Este processo já foi chamado de diapedese.

Quadro 14.1 Obtenção de Amostras de Sangue e Testes Médicos Comuns Envolvendo Sangue

A. Obtenção de Amostras de Sangue

1. Punção venosa. Procedimento usado com maior freqüência, envolve a retirada de sangue de uma veia. (As veias são mais utilizadas do que as artérias por estarem mais próximas à superfície, mais acessíveis e por conterem sangue com pressão menor.) A veia mais comumente usada é a mediana do cúbito (intermédia do cotovelo), anterior ao cúbito (cotovelo) (veja a Figura 16.8b). Um torniquete é aplicado ao braço para fazer parar o fluxo de sangue nas veias. Isto faz com que as veias abaixo do torniquete dilatem-se sob a pele. A ação de abrir e fechar a mão tem o mesmo efeito.

2. Perfuração do dedo. Utilizando-se uma lanceta ou agulha estéril, uma ou duas gotas de sangue capilar são retiradas da ponta do dedo, do lóbulo da orelha ou do calcanhar para avaliação.

3. Perfuração arterial. Pode ser utilizada para retirar sangue. A amostra é mais freqüentemente retirada da artéria radial, no punho, ou da artéria femoral, na coxa.

B. Testes nas Amostras de Sangue

Uma vez obtida a amostra de sangue, há um número de testes aos quais esta amostra pode ser submetida. Estes testes têm valores diagnósticos variados. Eis aqui alguns exemplos de testes mais comuns:

1. Índice de Sedimentação de Eritrócitos (ISE)

Valor Diagnóstico: Utilizado como um teste amplo para a detecção de uma grande variedade de infecções, inflamações e câncer. O teste não detecta doenças específicas, mas é utilizado para monitorizar o estado de pessoas com artrite reumatóide ou algumas outras condições reumáticas.

Procedimento: Uma amostra de sangue é retirada e colocada verticalmente em um tubo para permitir que os glóbulos vermelhos sofram ação da gravidade e formem um sedimento no fundo do tubo. A distância, em milímetros (mm), que as células caem no intervalo de 1 (uma) hora, pode ser medida e é chamada de taxa de sedimentação dos eritrócitos. Em algumas doenças, a taxa de sedimentação aumenta.

Valores Normais:	Homens	Menos de 50 anos, menor que 15 mm em 1 hora
		Mais de 50 anos, menor que 20 mm em 1 hora
	Mulheres	Menos de 50 anos, menor que 20 mm em 1 hora
		Mais de 50 anos, menor que 30 mm em 1 hora

2. Contagem de Reticulócitos

Valor Diagnóstico: Medir a taxa de eritropoiese (eritrocitopoese) e, assim, avaliar a resposta da medula óssea vermelha à anemia (hemoglobina baixa) ou monitorizar o tratamento da anemia.

Procedimento: Uma amostra de sangue é corada e examinada para determinar a porcentagem de reticulócitos no número total de células sangüíneas.

Valores Normais: 0,5-1,5%.

Uma contagem alta de reticulócitos pode indicar uma resposta a um sangramento, hemólise (destruição rápida de eritrócitos), ou resposta à terapia com ferro em pessoas com deficiência desta substância. Uma contagem baixa na presença de anemia pode indicar inabilidade da medula óssea de responder, o que pode ser causado por deficiência nutricional, anemia perniciosa ou leucemia.

3. Hematócrito

Valor Diagnóstico: Hematócrito é a porcentagem de glóbulos vermelhos no sangue. Um hematócrito de 40 significa que 40% do volume do sangue é composto de glóbulos vermelhos. O teste é utilizado para o diagnóstico de anemia e policitemia (aumento na porcentagem de glóbulos vermelhos) e estados de hidratação anormal.

Procedimento: Uma amostra de sangue venoso é centrifugada (o giro a altas velocidades gera uma força centrífuga que faz com que o plasma e os elementos figurados separem-se) e a proporção de glóbulos vermelhos no sangue total é medida.

Valores Normais:	Mulheres	38-46% (média 42)
	Homens	40-54% (média 47)

Uma queda significativa no hematócrito constitui uma anemia, que pode ser leve (hematócrito de 35) ou grave (hematócrito de menos de 15). O sangue policitêmico pode ter um hematócrito de 65% ou mais. Não é raro que atletas tenham um hematócrito maior que a média e o hematócrito de pessoas que vivem em regiões montanhosas também é mais alto que o de pessoas que vivem ao nível do mar.

(Continua)

Quadro 14.1 (*Continuação*)

4. Contagem Diferencial de Leucócitos (Leucograma)

Valor Diagnóstico: Parte rotineira de um Hemograma (Contagem Total do Sangue) que pode ser útil na avaliação de infecções e inflamações, na determinação dos possíveis efeitos de envenenamento por drogas ou outras substâncias químicas, no monitoramento de doenças do sangue (por exemplo, leucemia) e efeitos da quimioterapia, ou na detecção de reações alérgicas e infecções parasitárias.

Procedimento: Uma amostra de sangue é espalhada em uma lâmina de vidro ("esfregaço") e corada. É determinanda a porcentagem de cada tipo de glóbulos brancos em uma amostra de 100 células.

Valores Normais:	%
Neutrófilos	60-70
Eosinófilos	2-4
Basófilos	0,5-1
Linfócitos	20-25
Monócitos	3-8
	100

Uma contagem alta de neutrófilos pode ser resultado de infecções bacterianas, queimaduras, estresse ou inflamação; uma contagem baixa pode ser causada por radiação, certas drogas, deficiência de vitamina B_{12} ou lúpus eritematoso sistêmico (LES). Uma contagem alta de eosinófilos pode indicar reações alérgicas, infecções parasíticas, doenças auto-imunes ou insuficência da supra-renal; uma contagem baixa pode ser causada por certas drogas, estresse ou "síndrome de Cushing". Os basófilos podem estar elevados em alguns tipos de respostas alérgicas, leucemias, câncer e hipotireoidismo; diminuições podem ocorrer durante a gravidez, ovulação, estresse e hipertireoidismo. Contagens altas de linfócitos podem indicar infecções virais, doenças imunes e algumas leucemias; contagens baixas podem ocorrer como resultado de doença grave prolongada, níveis altos de esteróides e imunossupressão. Uma alta contagem de monócitos pode resultar de certas infecções virais ou micóticas, tuberculose (TB), algumas leucemias e doenças crônicas; níveis de monócitos abaixo do normal raramente ocorrem.

5. Hemograma Completo

Valor Diagnóstico: É o exame de sangue mais comumente requisitado. Detecta anemia e diversas infecções analisando a contagem de glóbulos brancos, glóbulos vermelhos e plaquetas.

Procedimento: É feito em uma amostra de sangue que tem suas células contadas em um "contador Coulter", além de esfregaços para avaliação dos glóbulos brancos e vermelhos. Geralmente inclui contagem de glóbulos vermelhos, hemoglobina, hematócrito, contagem de glóbulos brancos e contagem de plaquetas.

Acredita-se que os eosinófilos liberem enzimas, tais como histaminases, que combatem os efeitos da inflamação em reações alérgicas e são efetivas contra certos vermes parasíticos. Assim, uma contagem alta de eosinófilos freqüentemente indica uma condição alérgica ou infecção parasitária. Os eosinófilos também fagocitam complexos antígeno-anticorpo (a ser explicado no Capítulo 17).

Os basófilos estão envolvidos em reações alérgicas e inflamações. Uma vez que deixem os capilares e entrem nos tecidos, passam a ser chamados de mastócitos e têm como função liberar heparina, histamina e serotonina, substâncias envolvidas em reações alérgicas e que intensificam reações inflamatórias (veja o Capítulo 17).

Os principais tipos de linfócitos são as células B, as células T e as células exterminadoras naturais (descritas no Capítulo 17). As células B são particularmente eficientes na destruição de bactérias e na inativação de suas toxinas. As células T atacam vírus, fungos, células transplantadas e células cancerosas. As células exterminadoras naturais atacam uma grande variedade de micróbios infecciosos e certas células tumorais de origem espontânea.

Como os glóbulos vermelhos, os glóbulos brancos e outras células nucleadas no corpo apresentam proteínas de membrana. Essas proteínas, chamadas de ***antígenos de histocompatibilidade principais*** (*MHC*, de *major histocompatibility complex*), são diferentes em cada indivíduo (com exceção de gêmeos idênticos) e podem ser utilizadas para identificar um tecido. Se um tecido incompatível for transplantado, ele será rejeitado pelo receptor como ser estranho, devido em parte às diferenças entre os antígenos MHC do doador e do receptor. Os antígenos do MHC são utilizados para tipar os tecidos e evitar a rejeição.

Um aumento no número de glóbulos brancos presentes no sangue geralmente indica uma inflamação ou infecção. Já que cada tipo de glóbulo branco tem uma função diferente, a determinação da porcentagem de cada tipo, no sangue, auxilia no diagnóstico. Este teste é chamado de ***contagem diferencial de leucócitos*** (veja o Quadro 14.1) e determina a quantidade de cada tipo de glóbulos brancos que está presente em uma amostra de 100 células.

VIDA MÉDIA E NÚMERO As bactérias estão em todas as partes do ambiente e têm acesso contínuo ao corpo através da boca, do nariz e dos poros da pele. Além disso, muitas células, especialmente aquelas do tecido epitelial, envelhecem e morrem diariamente, e seus restos devem ser removidos por glóbulos brancos fagocíticos. Entretanto, um glóbulo branco pode fagocitar apenas uma certa quantidade de substâncias antes que estas comecem a interferir em sua própria atividade metabólica, causando sua morte. Conseqüentemente, a vida média da maioria dos glóbulos brancos é de apenas uns poucos dias e, durante um período de infecção, talvez de umas poucas horas. Entretanto, há alguns glóbulos brancos, os linfócitos B e T, que circulam no corpo durante anos.

Os leucócitos são muito menos numerosos que os glóbulos vermelhos, tendo em média de 5.000 a 10.000 células por milímetro cúbico (mm^3) de sangue. Os glóbulos vermelhos, então, apresentam uma relação de 700 para um leucócito. O termo ***leucocitose*** refere-se a um aumento no número de glóbulos brancos. Se o aumento exceder 10.000/mm^3, deve ser devido a uma infecção. Um nível anormalmente baixo de glóbulos brancos (abaixo de 5.000/mm^3) é chamado de ***leucopenia***. Geralmente ocorre em indivíduos com anomalias da medula óssea vermelha ou portadores de infecção viral.

Produção Os leucócitos desenvolvem-se na medula óssea vermelha. A produção dos cinco tipos de glóbulos brancos é mostrada na Figura 14.2a.

Plaquetas

Estrutura Um dos tipos celulares nos quais as células-tronco hemopoiéticas (hemocitopoéticas) diferenciam-se é chamado de megacarioblasto (veja a Figura 14.2a). Os megacarioblastos originam megacariócitos, células grandes que se dividem em fragmentos de citoplasma. Cada fragmento é envolvido por um pedaço de membrana celular e é, então, chamado de *plaqueta*. As plaquetas são estruturas discóides que não contêm núcleo, mas contêm muitos grânulos com papel importante na coagulação do sangue. Variam de 2 a 4 μm (micrômetros) de diâmetro.

Função As plaquetas evitam perdas sangüíneas pois iniciam uma cadeia de reações envolvendo várias proteínas plasmáticas que resulta na coagulação do sangue. Este mecanismo é descrito em seguida.

Vida Média e Número As plaquetas têm vida curta, de apenas 5 a 9 dias. A quantidade de plaquetas é entre 250.000 e 400.000 plaquetas por milímetro cúbico (mm^3) de sangue.

Produção As plaquetas são produzidas na medula óssea vermelha de acordo com a seqüência mostrada na Figura 14.2a.

Um resumo dos elementos figurados é apresentado no Quadro 14.2.

Plasma

Objetivo: *Listar os componentes e as funções do plasma sangüíneo.*

Quando os elementos figurados são removidos do sangue, o que resta é um líquido amarelado chamado de ***plasma***. O plasma consiste de 91,5% de água e 8,5% de solutos. Os solutos incluem proteínas plasmáticas, nutrientes, gases, eletrólitos, restos metabólicos, enzimas e hormônios. Algumas das proteínas plasmáticas ocorrem em outros locais do corpo, mas aquelas exclusivas do plasma são chamadas de ***proteínas plasmáticas***. As ***albuminas***, que são sintetizadas pelo fígado e perfazem 55% das proteínas plasmáticas, são responsáveis em grande parte pela manutenção do equilíbrio hídrico entre o sangue e os tecidos e, assim, mantêm o volume sangüíneo. As ***globulinas*** perfazem 38% das proteínas plasmáticas. Um grupo (anticorpos) é produzido pelo tecido linfático e tem função na imunidade. O ***fibrinogênio*** perfaz 7% das proteínas plasmáticas e funciona no mecanismo de coagulação do sangue juntamente com as plaquetas. Também é produzido pelo fígado.

Hemóstase (Hemostasia)

Hemóstase refere-se à interrupção do sangramento. Quando os vasos sangüíneos são danificados, três mecanismos básicos auxiliam a evitar a perda de sangue: (1) vasoconstrição, (2) formação do tampão plaquetário e (3) coagulação do sangue. Estes mecanismos são efetivos na prevenção de hemorragias em pequenos vasos sangüíneos; a hemorragia extensa requer tratamento médico.

Vasoconstrição

Quando um vaso sangüíneo é danificado, o músculo liso em sua parede contrai-se imediatamente. Tal ***vasoconstrição*** reduz a perda de sangue por vários minutos e até horas. Durante esse tempo, outros mecanismos hemostáticos entram em operação. A constrição é causada por reflexos envolvendo receptores de dor devido ao dano à parede do vaso.

Formação do Tampão Plaquetário

Quando as plaquetas entram em contato com partes de um vaso sangüíneo danificado, suas características mudam drasticamente. Aumentam de tamanho e seu formato torna-se ainda mais irregular. Tornam-se pegajosas e começam a aderir-se a fibras de colágeno no local do ferimento. Produzem substâncias que ativam mais plaquetas, que, por sua vez, se aderem às plaquetas originais. O acúmulo e a união de grandes quantidades de plaquetas formam uma massa denominada ***tampão plaquetário*** (veja a Figura 14.6). Inicialmente, o tampão é frouxo, mas torna-se firme à medida que é reforçado por feixes de fibrina formados durante a coagulação. Um tampão plaquetário é muito efetivo em um pequeno vaso e pode estancar completamente uma pequena hemorragia se o dano for pequeno.

Coagulação

Normalmente, o sangue mantém seu estado líquido enquanto permanecer dentro dos vasos sangüíneos. Entretanto, se o sangue for retirado do corpo, e não tratado, ele engrossa e forma um gel. Eventualmente, o gel separa-se do líquido. O líquido amarelado, chamado de ***soro***, é o plasma sem suas proteínas de coagulação. O gel é chamado de ***coágulo*** (***trombo***) e consiste de uma malha de fibras protéicas incolores na qual as células do sangue ficam aprisionadas (Figura 14.7).

O processo de formação de um coágulo é chamado de ***coagulação***. Se o sangue coagular-se com muita facilidade, o resultado pode ser uma ***trombose*** – coagulação no interior de um vaso sangüíneo que não sofreu dano algum. Se o sangue demorar muito para coagular, o resultado pode ser um sangramento excessivo.

A coagulação envolve várias substâncias químicas conhecidas como ***fatores de coagulação*** (íons cálcio, enzimas e moléculas associadas a plaquetas ou a tecidos danificados). A coagulação é um processo complexo no qual fatores de coagulação ativam-se uns aos outros. Ou seja, o primeiro ativa o segundo, o segundo ativa o terceiro, e assim por diante. Descreveremos a coagulação em três estágios básicos:

Estágio 1. Formação da *protrombinase* (*ativador da protrombina*).

Estágio 2. *Conversão da protrombina* (uma proteína plasmática produzida pelo fígado) na enzima trombina, pela protrombinase.

Estágio 3. Conversão do *fibrinogênio solúvel* (outra proteína plasmática produzida pelo fígado) em *fibrina insolúvel*, pela trombina. A fibrina forma os fios do coágulo. (A fumaça do cigarro contém ao menos duas substâncias químicas que interferem com a formação da fibrina.)

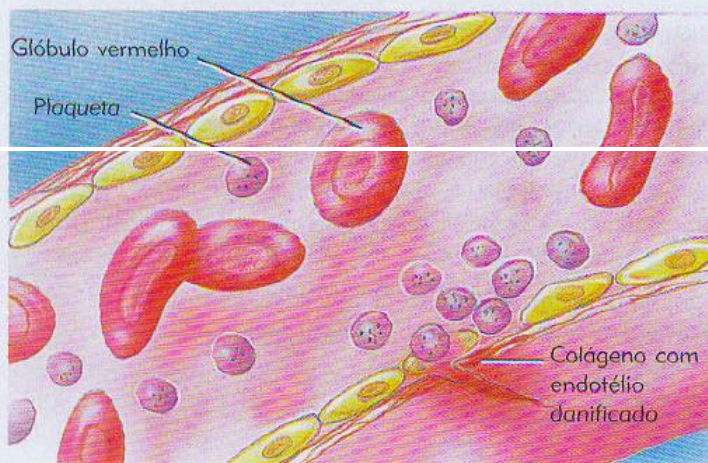
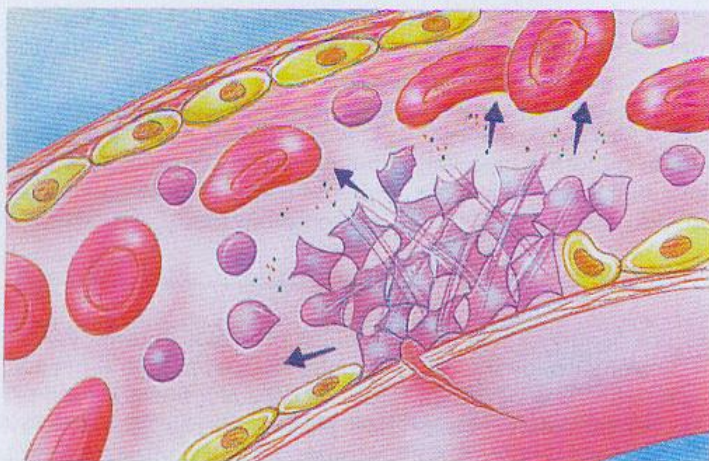
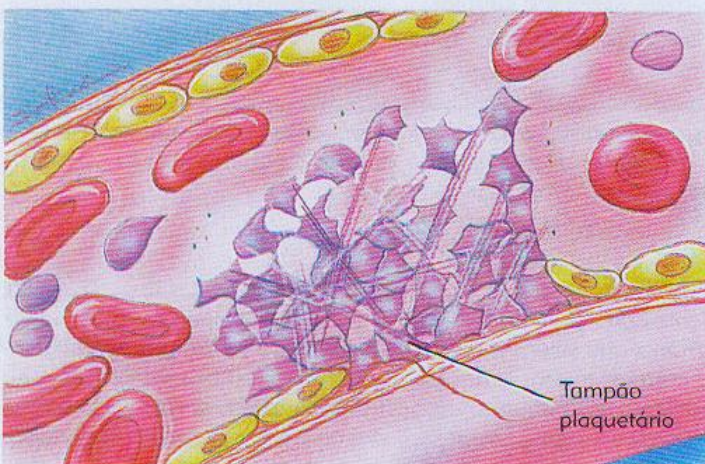
Quadro 14.2 Resumo dos Elementos Figurados do Sangue

OME E APARÊNCIA	NÚMERO	CARACTERÍSTICAS	FUNÇÕES
Glóbulos vermelhos ou eritrócitos (hemácias)	4,8 milhões/mm³ em mulheres; 5,4 milhões/mm³ em homens	7-8 µm de diâmetro; não possuem núcleo ou outras organelas; contêm pigmento vermelho chamado de hemoglobina.	A hemoglobina no interior dos eritrócitos transporta a maior parte do oxigênio e parte do dióxido de carbono no sangue.
Glóbulos brancos ou leucócitos **Granulócitos**	5.000-10.000/mm³	A maioria vive por poucas horas ou até poucos dias.	Combatem patógenos e outras substâncias estranhas que entram no corpo. Os glóbulos brancos deixam a corrente sangüínea por emigração.
Neutrófilos Cromatina	60-70% de todos os glóbulos brancos	10-12 µm de diâmetro; o núcleo geralmente tem de 2 a 5 lobos conectados por finas tiras de cromatina; citoplasma com grânulos pequenos nos de cor lilás bem claro.	Fagocitose. Destruição de bactérias por meio de lisozimas.
Eosinófilos	2-4% de todos os glóbubulos brancos	10-12 µm de diâmetro; núcleo geralmente com 2 lobos; grânulos grandes em cor vermelho-cor vermelho-alaranjado no citoplasma.	Combate o efeito da histamina em reações alérgicas, fagocita complexos antígeno-anticorpo e destrói certos vermes parasitas.
Basófilos	½-1% de todos os glóbulos brancos	8-10 µm de diâmetro; núcleo bilobado ou de forma irregular; grânulos citoplasmáticos em cor roxo-azulado escuro.	Libera heparina, histamina e serotonina em reações alérgicas que intensificam a resposta inflamatória como um todo.
Agranulócitos **Linfócitos (células B, T e exterminadoras naturais)**	20-25% de todos os glóbulos brancos	Os linfócitos pequenos têm de 6 a 9 µm de diâmetro; os linfócitos grandes têm de 10 a 14 µm de diâmetro; núcleo redondo ou levemente indentado; citoplasma forma um anel azul-celeste em torno do núcleo; quanto maior a célula, mais visível é o citoplasma.	Medeia respostas imunes, incluindo reações antígeno-anticorpo. As células B transformam-se em plasmócitos, que secretam anticorpos. As células T atacam vírus invasores, células cancerosas e células de tecidos transplantados. As células exterminadoras naturais atacam uma ampla variedade de micróbios infecciosos e certas células tumorais de origem espontânea.
Monócitos	3-8% de todos os glóbubulos brancos	12-20 µm de diâmetro; o núcleo é oval, em forma de rim ou ferradura; o citoplasma é azul cinzento e de aparência espumosa.	Fagocitose (após transformarem-se em macrófagos, fixos ou errantes).
Plaquetas (trombócitos)	250.000-400.000/mm³	Fragmentos de célula de 2-4 µm de diâmetro que vivem por 5 a 9 dias; contêm muitos grânulos mas são anucleadas.	Formam o tampão plaquetário na hemóstase (cessação do sangramento); liberam substâncias químicas que promovem a vasoconstrição e a coagulação do sangue.

As cores são visualizadas com coloração de Wright.

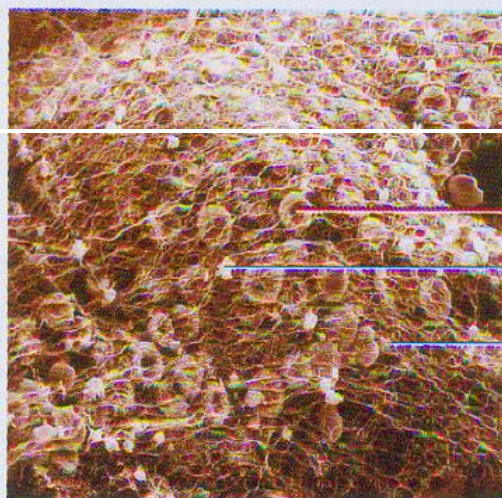
Alguns linfócitos, chamados de células T e B de memória, podem viver muitos anos, uma vez que bem estabelecidos. A maioria dos glóbulos brancos, no entanto, em vida média variando de poucas horas a poucos dias.

Figura 14.6 Formação do tampão plaquetário.

Um tampão plaquetário pode parar completamente um sangramento se o dano ao vaso for pequeno.

1 As plaquetas aderem ao ferimento no interior do vaso

2 As plaquetas ativam outras plaquetas

3 As plaquetas formam um tampão

P ***Quais os três mecanismos envolvidos na hemóstase?***

Figura 14.7 Microfotografia eletrônica de varredura (MEV) de fei-xes de fibrina, plaquetas e glóbulos vermelhos em um coágulo sangüíneo.

Um coágulo é um gel que contém elementos figurados do sangue aprisionados em uma rede de fibrina.

Microfotografia eletrônica de varredura

P ***O que é soro?***

A protrombinase é formada em ambas as rotas de coagula-ção, a intrínseca e a extrínseca (Figura 14.8).

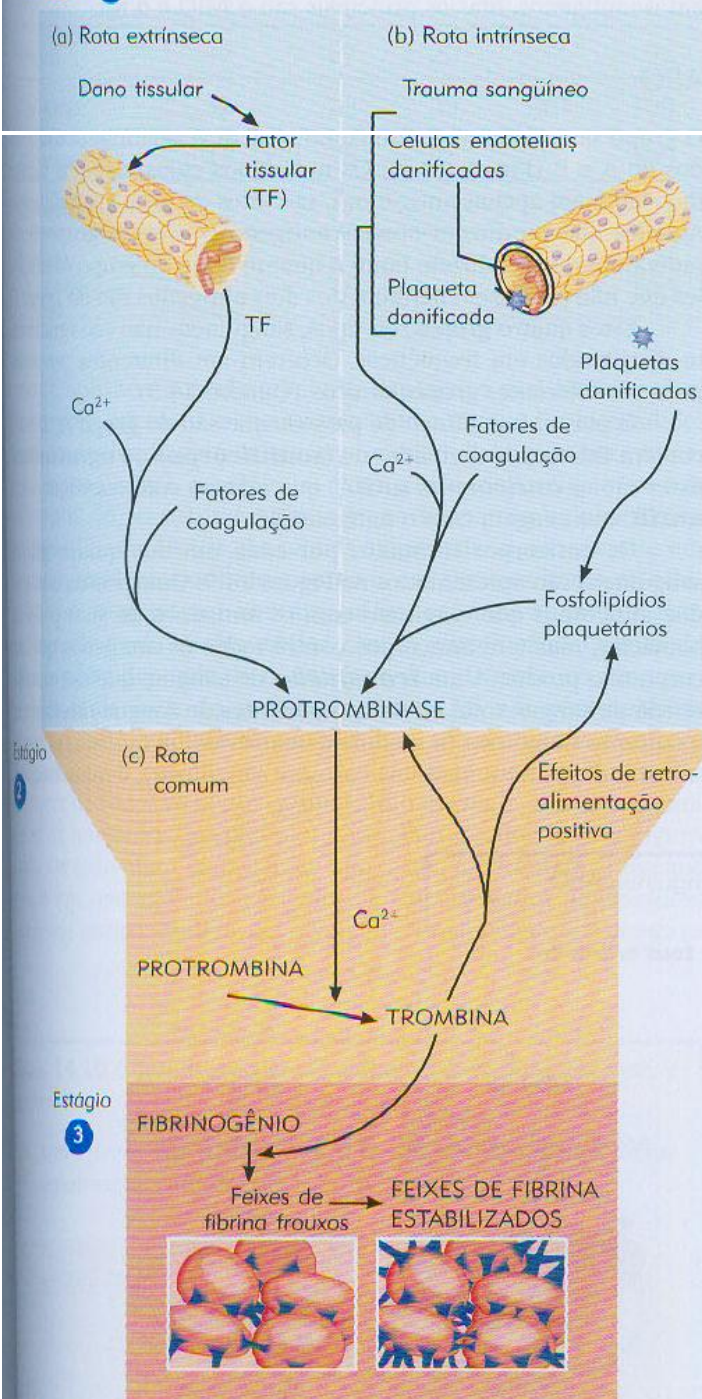
Rota Extrínseca

A ***rota extrínseca*** da coagulação ocorre rapidamente, em se-gundos, no caso de trauma grave. Recebe este nome porque a for-mação da protrombinase é iniciada por uma proteína tissular cha-mada de ***fator tissular*** (***FT***), também chamado de ***tromboplas-tina***, que é encontrado na superfície das células *fora* do sistema cardiovascular (circulatório). Os tecidos danificados liberam fator tissular (Figura 14.8a). Seguem-se várias outras reações, que re-querem íons cálcio (Ca^{2+}) e vários fatores de coagulação, e o fator tissular é eventualmente convertido em protrombinase. Isto com-pleta a rota extrínseca e o primeiro estágio da coagulação. No es-tágio 2, a protrombinase e o Ca^{2+} convertem a protrombina em trombina. No estágio 3, a trombina, na presença de Ca^{2+}, converte o fibrinogênio, que é solúvel, em fibrina, que é insolúvel.

Rota Intrínseca

A ***rota intrínseca*** da coagulação é mais complexa que a extrínseca e ocorre de forma mais lenta, geralmente levando vários minutos. Recebe este nome porque a formação da protrombinase inicia-se na superfície das células endoteliais que revestem os vasos sangüíneos, células *dentro* do sistema cardiovascular (circulatório). A rota in-trínseca é desencadeada quando o sangue entra em contato com células endoteliais danificadas (Figura 14.8b). Isto também danifi-ca plaquetas, fazendo com que liberem fosfolipídios. A partir daí, após várias outras reações, que requerem a presença de Ca^{2+} e vá-rios fatores de coagulação, a protrombinase é formada. Isto comple-ta a rota intrínseca e o primeiro estágio da coagulação. Deste pon

Figura 14.8 Coagulação do sangue.

Na coagulação, os fatores de coagulação ativam uns aos outros, resultando em uma cascata de reações que incluem ciclos de retroalimentação positiva.

Qual o resultado do estágio 1 da coagulação?

Em diante, as reações dos estágios 2 e 3 são semelhantes às da rota intrínseca, assumindo uma rota comum. Uma vez formada a trombina, esta faz com que mais plaquetas se acumulem, resultando em maior liberação de fosfolipídios plaquetários. Este é outro exemplo de um ciclo de retroalimentação positiva.

Uma vez formado o coágulo, ele veda a área danificada do vaso sangüíneo interrompendo o sangramento. O reparo definitivo pode, então, começar. Com o tempo, os fibroblastos do tecido conjuntivo da área rompida e novas células endoteliais refazem o revestimento do vaso.

O termo ***hemofilia*** (*hemo* = sangue; *philein* = amar) refere-se a diversas deficiências hereditárias da coagulação. Os efeitos de todas as formas de hemofilia são tão semelhantes que é difícil distinguir uma da outra, mas cada uma representa a deficiência de um fator de coagulação diferente. A hemofilia caracteriza-se por hemorragia subcutânea e intramuscular, sangramentos nasais, sangue na urina, dor nas articulações e dano às articulações causados por sangramentos nas mesmas. O tratamento envolve aplicar pressão, no caso de o local do sangramento ser acessível, e a transfusão de plasma fresco ou do fator de coagulação deficiente para diminuir a tendência ao sangramento. A herança da hemofilia é discutida no Capítulo 24.

Retração do Coágulo e Fibrinólise

A coagulação normal envolve mais dois acontecimentos após a formação do coágulo: retração do coágulo e fibrinólise. A *retração do coágulo* é quando o coágulo de fibrina se firma. Os feixes de fibrina aderidos à superfície danificada do vaso sangüíneo contraem-se gradualmente devido à tensão que as plaquetas aplicam sobre eles. À medida que o coágulo sofre retração, as margens do ferimento são trazidas mais próximas. Assim, diminui ainda mais o risco de hemorragia.

O segundo evento que se segue à formação do coágulo é a ***fibrinólise***, a degradação do coágulo. Quando um coágulo é formado, uma enzima plasmática inativa chamada de ***plasminogênio*** é incorporada a ele. O sangue e os tecidos do corpo contêm substâncias que podem converter o plasminogênio em uma enzima ativa chamada de ***plasmina***. Esta enzima pode dissolver o coágulo por meio da digestão dos feixes de fibrina. Além de dissolver coágulos grandes nos tecidos, a plasmina também remove coágulos muito pequenos em vasos sangüíneos intactos antes que estes venham a crescer e impedir o fluxo de sangue aos tecidos.

A formação de um coágulo é um mecanismo vital que previne contra a perda excessiva de sangue do corpo. Para formar os coágulos, o corpo necessita de cálcio e de vitamina K. A vitamina K não está envolvida na formação do coágulo propriamente dito, mas é necessária para a síntese de protrombina e alguns outros fatores de coagulação. A vitamina é normalmente produzida por bactérias que vivem no intestino grosso. A aplicação de um *spray* de trombina ou fibrina em uma superfície rugosa como a gaze também pode promover a coagulação.

Mecanismos de Controle Hemostático

Mesmo que a trombina tenha um efeito de retroalimentação positiva na produção de um coágulo, a formação do mesmo ocorre localmente, no local do dano vascular; ela não se estende além do local ferido, para a circulação geral. Uma razão para isto é que alguns dos fatores de coagulação são levados para longe pelo fluxo do sangue e suas concentrações não são grandes o suficiente para desencadear coagulação disseminada. Além disso, a própria fibrina tem capacidade de absorver e inativar até 90% da trombina formada a partir da protrombina. Isto ajuda a interromper o fluxo da trombina para a corrente sangüínea, inibindo a coagulação além do local ferido.

Existe no sangue uma quantidade de substâncias que inibem a coagulação. Tais substâncias são chamadas de ***anticoagulantes***.

A ***heparina***, por exemplo, é um anticoagulante produzido por mastócitos, basófilos e células endoteliais que revestem os vasos sangüíneos. Ela inibe a conversão de protrombina em trombina, evitando a formação de coágulos. A heparina obtida de animais é utilizada em cirurgias (cardíaca, por exemplo) e durante hemodiálise evitando a coagulação.

Coagulação Intravascular

Mesmo que o corpo possua mecanismos anticoagulantes, algumas vezes forma-se um coágulo dentro de um vaso. Tais coágulos podem ser iniciados por superfícies endoteliais ásperas nos vasos, resultantes de aterosclerose (acúmulo de substâncias gordurosas nas paredes das artérias), trauma ou infecção. Estas condições estimulam a aderência das plaquetas. Também podem formar-se coágulos no interior de vasos quando o sangue flui muito lentamente, permitindo que a concentração dos fatores de coagulação aumente e inicie a coagulação em alguns locais. Quando não há dano ao vaso (geralmente uma veia), este tipo de coagulação é chamado de ***trombose*** (*thrombo* = coágulo). Um trombo pode dissolver-se espontaneamente; mas, se não, existe a possibilidade de que se desloque e seja levado pela corrente sangüínea. Se o coágulo formou-se em uma artéria, deslocado, ele pode bloquear a circulação para algum órgão vital. Um coágulo, uma bolha de ar, uma gordura de ossos quebrados ou restos celulares transportados pela corrente sangüínea são chamados de ***êmbolos*** (*em* = dentro; *bolus* = massa). Quando um êmbolo obstrui a circulação nos pulmões, a condição é denominada *embolismo pulmonar*.

Os agentes para dissolução de coágulos (trombolíticos) são substâncias químicas injetadas no corpo que dissolvem um coágulo para restaurar a circulação. Eles ativam o plasminogênio. Exemplos incluem a estreptoquinase e os ativadores do plasminogênio tissular.

Tipagem do Sangue

Objetivo: *Explicar a classificação do sangue em grupos ABO e Rh.*

A superfície dos glóbulos vermelhos contém antígenos determinados geneticamente chamados de ***isoantígenos*** ou ***aglutinogênios***. Há ao menos 24 sistemas de grupos sangüíneos com base em isoantígenos, mas os principais são o ABO e o Rh.

ABO

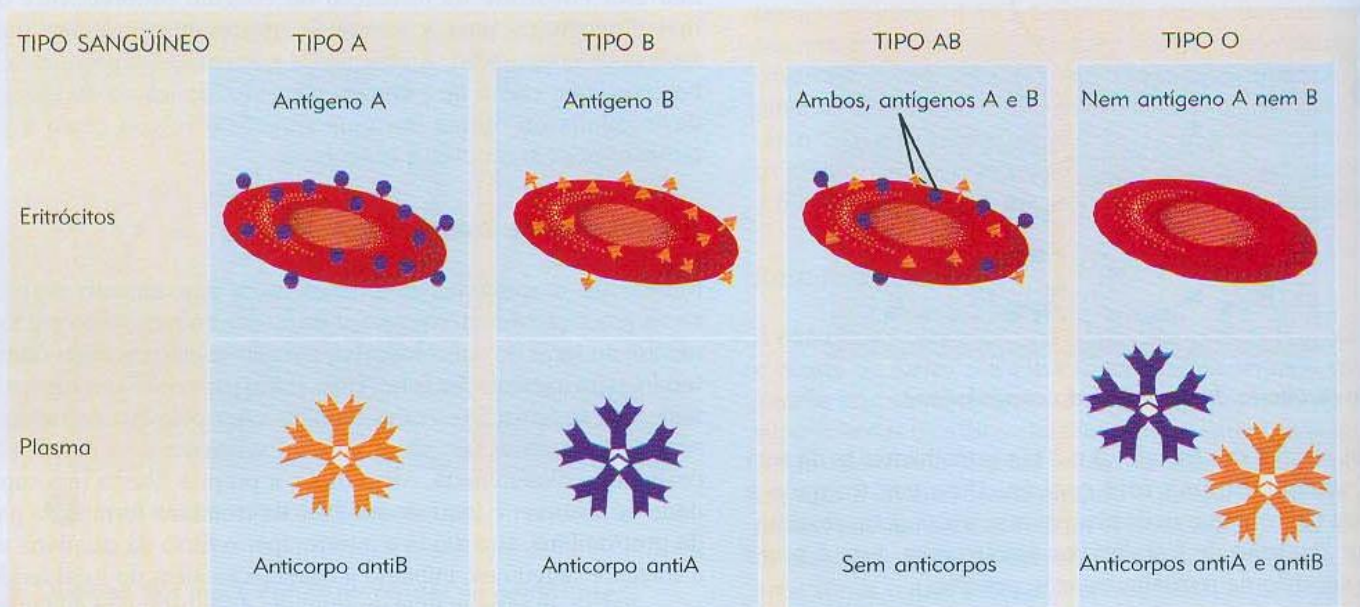
O grupo sangüíneo ABO tem como base dois isoantígenos chamados de A e B (Figura 14.9). Os indivíduos cujos glóbulos vermelhos fabricam apenas antígeno A, são ditos do grupo sangüíneo A. Aqueles que produzem apenas antígeno B, são do grupo B. Os indivíduos que produzem tanto A quanto B são do grupo AB. Aqueles que não produzem nenhum dos dois antígenos são do grupo O.

Estes quatro grupos, ou tipos, sangüíneos não são igualmente distribuídos em freqüência. Ocorrem em diferentes porcentagens em diferentes grupos étnicos (Quadro 14.3).

O plasma sangüíneo de pessoas que são do grupo A, B ou O contém anticorpos chamados de ***isoanticorpos*** ou ***aglutininas***. Estes são os ***anticorpos antiA***, que reagem com o antígeno A, e ***antiB***, que reagem com o antígeno B.

Os anticorpos formados por cada um dos quatro grupos sangüíneos são apresentados na Figura 14.9. Uma pessoa não produz anticorpos que reagiriam com os antígenos de suas próprias hemácias, mas tem anticorpos contra todos os antígenos que seu corpo não produz. Uma ***transfusão*** de sangue, que é a transferência de sangue total ou de componentes do sangue diretamente à corrente sangüínea (a medula óssea vermelha também pode ser transfundida diretamente na corrente sangüínea), é mais freqüente

Figura 14.9 Antígenos e anticorpos envolvidos no sistema de grupo sangüíneo ABO.

Os anticorpos no seu plasma não reagem com os antígenos nos seus eritrócitos.

P *Quais os anticorpos presentes no sangue tipo O?*

Quadro 14.3 Incidência dos Grupos Sangüíneos nos Estados Unidos

	GRUPOS SANGÜÍNEOS (PORCENTAGEM)				
POPULAÇÃO	O	A	B	AB	RH⁺
Branca	45	40	11	4	85
Negra	49	27	20	4	95
Coreana	32	28	30	10	100
Japonesa	31	38	21	10	100
Chinesa	42	27	25	6	100
Nativos Americanos	79	16	4	1	100

mente utilizada quando o volume sangüíneo está baixo, como, por exemplo, em caso de choque. Quando o sangue é transfundido, deve-se ter cuidado para evitar incompatibilidades. Em uma transfusão incompatível, os glóbulos vermelhos doados ligam-se aos anticorpos do receptor e aglutinam-se formando aglomerações (grumos)(Figura 14.10). As células aglutinadas acomodam-se em pequenos capilares por todo o corpo e, em algumas horas, as células incham, rompem-se e liberam sua hemoglobina no sangue. Esta reação é chamada de ***hemólise*** (*lise* = dissolução). O grau de ***aglutinação*** depende da quantidade de anticorpos no sangue.

Os indivíduos de grupo sangüíneo AB não têm nenhum anticorpo antiA ou antiB no seu plasma e são chamados de receptores universais porque podem, teoricamente, receber sangue de doadores de todos os quatro grupos. Não possuem anticorpos para atacar os antígenos dos glóbulos vermelhos doados (veja a Figura 14.9). Os indivíduos com sangue tipo O não apresentam antígenos A ou B em seus glóbulos vermelhos e são chamados de doadores universais porque podem, teoricamente, doar sangue a receptores

Figura 14.10 Comparação entre glóbulos vermelhos normais e aglutinados.

Uma transfusão de sangue incompatível pode causar aglutinação dos glóbulos vermelhos.

(a) Normais

(b) Aglutinados

Qual o nome do processo no qual os glóbulos vermelhos rompem-se e liberam sua hemoglobina?

de qualquer um dos quatro grupos sangüíneos. Pessoas com sangue tipo O que necessitem de sangue, só podem receber sangue do tipo O. Na prática, o uso dos termos receptor e doador universal é enganoso e perigoso porque existem outros anticorpos e antígenos no sangue além do sistema ABO que podem causar problemas em transfusões. Assim, deve haver uma tipagem cuidadosa do sangue antes de uma transfusão.

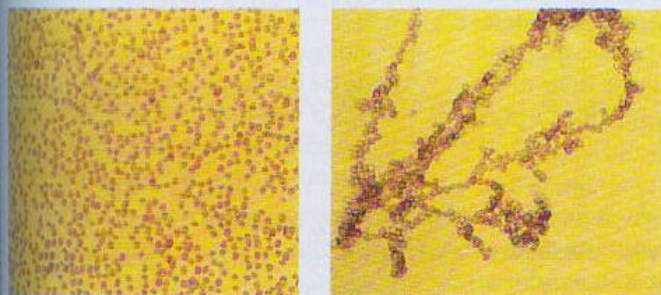
Informações sobre os grupos sangüíneos também são utilizadas para verificações de paternidade, ligação de suspeitos a crimes e como parte de estudos que tentam estabelecer relações entre grupos étnicos. Em 80% da população, os antígenos solúveis do tipo ABO aparecem na saliva e em outros fluidos corporais. Em investigações criminais, é possível tipar estes fluidos, desde resíduos de saliva em um cigarro até sêmen em casos de estupro.

Rh

O ***sistema Rh*** de classificação do sangue tem este nome porque foi identificado pela primeira vez no sangue de um macaco do gênero *Rhesus*. Como os grupos ABO, o sistema Rh tem como base isoantígenos na superfície dos glóbulos vermelhos. Os indivíduos cujas hemácias têm o antígeno Rh são designados ***Rh⁺***. Aqueles que não o apresentam, são ***Rh⁻***. As porcentagens de indivíduos Rh⁺ e Rh⁻ em diversas populações são mostradas no Quadro 14.3.

Sob circunstâncias normais, o plasma humano não contém anticorpos anti-Rh. Diferentemente do sistema ABO, em que os anticorpos desenvolvem-se espontaneamente no sangue, no sistema Rh os anticorpos só se desenvolvem se houver exposição aos antígenos Rh. Por exemplo, se uma pessoa Rh⁻ receber sangue Rh⁺, o corpo começa a produzir anticorpos anti-Rh que permanecerão no sangue. Se esta pessoa, mais tarde, receber uma segunda transfusão de sangue Rh⁺, os anticorpos formados previamente reagirão com o sangue doado e uma reação muito grave pode ocorrer.

O problema mais comum de incompatibilidade Rh surge durante a gravidez, quando uma pequena quantidade de sangue do feto pode entrar em contato com o sangue da mãe através da placenta, sendo que a maior probabilidade é de que isto ocorra no momento do nascimento. Se o feto é Rh⁺ e a mãe é Rh⁻, a mãe, a partir da exposição às hemácias fetais, produzirá anticorpos anti-Rh. Se a mãe ficar grávida novamente, seus anticorpos anti-Rh podem cruzar a placenta e entrar na corrente sangüínea do feto. Se o feto for Rh⁻, não há problema algum, pois sangue Rh⁻ não apresenta antígeno Rh. Por outro lado, se o feto for novamente Rh⁺, pode ocorrer hemólise do sangue fetal. Esta hemólise específica é chamada de ***doença hemolítica do recém-nascido*** ou ***eritroblastose fetal***.

Quando um bebê nasce com esta condição, o sangue deve ser lentamente removido e substituído aos poucos, com sangue Rh⁻. Lembre-se de que o sangue Rh⁻ não contém antígeno Rh. É possível até transfundir sangue para o feto se a doença for diagnosticada antes do nascimento. Mais importante, é que a doença pode ser evitada com uma injeção de anticorpos anti-Rh chamados de gamaglobulina anti-Rh (RhoGAM), ministrada às mães Rh⁻ entre a 26ª e 28ª semanas de gestação e logo após o parto ou aborto, induzido ou espontâneo. Estes anticorpos imobilizam os antígenos fetais, quando presentes, e a mãe não cria anticorpos contra eles. Assim, o feto da próxima gravidez fica protegido. No caso da mãe Rh⁺, não ocorre este tipo de complicação já que ela não tem a capacidade de produzir anticorpos anti-Rh.

foco no bem-estar

Um Estilo de Vida Saudável para o Coração: Como Não Coagular

Muitas pessoas têm medo do colesterol, aquela substância má que se acumula silenciosamente nas paredes das artérias, ano após ano, até eventualmente matar sua vítima obstruindo o fluxo de sangue para um órgão importante como o coração ou o cérebro. Mas o colesterol não é o único vilão deste melodrama aterosclerótico. Enquanto o colesterol contribui para a formação da placa arterial, o rival que dá o golpe final é geralmente um coágulo que se forma em um vaso sangüíneo e subseqüentemente bloqueia uma artéria estreitada, impedindo a circulação aos tecidos que ela irriga.

Os cardiologistas vêm, há anos, promovendo um estilo de vida saudável para o coração, com o objetivo de prevenir, ou ao menos retardar significativamente, o processo da aterosclerose por meio da prevenção da hipertensão, da obesidade, dos altos níveis de lipídios no sangue e do diabete não-dependente de insulina. Um estilo de vida saudável para o coração também reduz a tendência do sangue de coagular quando encontra tecido endotelial danificado.

Aterosclerose, Hipertensão e Risco de Coagulação Intravascular

A aterosclerose aumenta o risco de formação de coágulos, porque a placa arterial ativa as plaquetas, que, então, se aderem à parede do vaso lesado, iniciando o processo conhecido como agregação plaquetária. A simples prevenção da aterosclerose e, assim, da agregação plaquetária, por meio de um estilo de vida saudável para o coração e/ou terapia com medicamentos, auxilia na prevenção da coagulação. Um estilo de vida saudável para o coração também auxilia a evitar a coagulação pela prevenção da hipertensão; mesmo uma pressão no limite da normalidade está associada ao aumento da agregação plaquetária e à diminuição da atividade fibrinolítica.

Fumo

Se você precisa de mais uma razão para parar de fumar, ei-la aqui. O fumo aumenta os níveis sangüíneos de fibrinogênio. Os níveis aumentados de fibrinogênio estão associados ao aumento do risco de coagulação. Os níveis altos de fibrinogênio aumentam a agregação das plaquetas e a deposição de fibrina, contribuindo tanto para a coagulação quanto para a deposição de placa.

Atividade Física

A atividade física regular aumenta o volume de plasma. Um aumento no volume de plasma significa que o sangue está mais diluído, mais "fino", com hematócrito e nível de fibrinogênio mais baixos e, conseqüentemente, um risco reduzido de coagulação. Vários estudos têm demonstrado que o exercício vigoroso também reduz a agregabilidade das plaquetas e aumenta a atividade fibrinolítica. Estes efeitos ajudam a explicar porque pessoas ativas têm risco menor de desenvolver doenças do coração e derrames. Como a maioria dos efeitos benéficos do exercício, estas mudanças têm vida curta, desaparecendo após 2 ou 3 dias. O tipo de exercício que reduz o risco de coagulação é o exercício regular e durante toda a vida. Um estilo de vida sedentário, por outro lado, leva a um aumento do risco; o sangue engrossa à medida que o volume de plasma diminui. As pessoas sedentárias têm plaquetas mais "grudentas", as quais, em conjunção com níveis mais altos de fibrinogênio, têm maior chance de formar coágulos.

Estresse

No tempo das cavernas, luta e fuga estavam geralmente associadas a sangramento; assim, faz sentido pensar que uma resposta de coagulação mais veloz seja parte de uma resposta de luta-ou-fuga, mesmo que a coagulação não seja mais tão útil hoje em dia. O estresse mental prolongado torna a fibrinólise deficiente porque diminui a atividade de uma enzima chamada de ativador do plasminogênio tissular (TPA), que auxilia na degradação do fibrinogênio.

Dieta Saudável para o Coração: Reduzindo a Aterogênese e a Trombogênese

As pessoas com altos níveis séricos de colesterol exibem distúrbios de coagulação, da fibrinólise e do comportamento plaquetário. A redução dos níveis de lipídios no sangue pela dieta ou pelo uso de medicamentos parece reverter estes distúrbios e pode ser o mecanismo por onde a dieta saudável para o coração reduz o risco de doença cardíaca, além dos seus efeitos na aterogênese. Um estudo interessante realizado na Dinamarca demonstrou, em voluntários que mantiveram uma dieta baixa em gorduras e alta em fibras, um aumento na atividade fibrinolítica e, assim, redução no risco de formação de coágulos sangüíneos.

A ingestão moderada de álcool (um ou dois drinques por dia) foi associada a um risco reduzido de doença cardíaca. Esta redução do risco pode ser decorrente, em parte, do aumento nos níveis de TPA observado em pessoas que bebem moderadamente.

Pensamento Crítico

Por que as pessoas que têm risco aumentado de formação de coágulos são orientadas a não ficarem sentadas por períodos muito longos, tais como vôos de avião ou viagens de carro muito longos?

Por que um estilo de vida "saudável para o coração" também pode ser chamado de estilo de vida "preventivo de coágulo"?

Doenças Comuns

Anemia

Anemia é a condição na qual a capacidade do sangue de transportar oxigênio está reduzida. Há vários tipos de anemia (descritos a seguir) e todos caracterizam-se por um número reduzido de glóbulos vermelhos ou quantidades de hemoglobina abaixo do normal. Todos os tipos de anemia levam à fadiga e à intolerância ao frio, ambos relacionados à falta de oxigênio, necessário para a produção de calor e energia, e à palidez, pela falta de hemoglobina.

A *anemia ferropriva (por deficiência de ferro)* é o tipo mais prevalente no mundo. É causada por absorção inadequada ou perda excessiva de ferro. Ocorre mais freqüentemente em mulheres, crianças pequenas e idosos.

A *anemia perniciosa* é devida à produção insuficiente de eritrócitos por falta de vitamina B_{12}, que resulta em inabilidade do estômago de produzir fator intrínseco. O fator intrínseco permite a absorção de vitamina B_{12} no intestino delgado.

Uma perda excessiva de eritrócitos por meio de sangramentos (ferimentos, úlceras, menstruação intensa) é chamada de *anemia hemorrágica*.

A *anemia hemolítica* é caracterizada pela distorção na forma dos eritrócitos que estão progredindo para uma hemólise. A destruição prematura dos glóbulos vermelhos pode ser causada por parasitas, toxinas e anticorpos de sangue incompatível (mãe Rh^- e feto Rh^+, por exemplo).

A destruição ou a inibição da medula óssea vermelha resulta em *anemia aplástica*. As causas são toxinas, radiação e certos medicamentos.

Os eritrócitos de uma pessoa com *anemia falciforme* produzem um tipo de hemoglobina anormal. Quando um eritrócito transfere seu oxigênio ao fluido intersticial, sua hemoglobina tende a formar estruturas longas e rígidas em forma de bastão que dobram o eritrócito até o formato de uma foice. As células falciformes rompem-se facilmente. As reduções prolongadas de oxigênio podem, eventualmente, causar danos extensos aos tecidos. Além disso, estas células tendem a obstruir vasos sangüíneos e impedir totalmente o suprimento de sangue a algum órgão.

Policitemia

O termo policitemia refere-se a um aumento anormal no número de glóbulos vermelhos, no qual o hematócrito está acima de 55, o limite superior normal.

Mononucleose Infecciosa

Mononucleose infecciosa é uma doença contagiosa que afeta principalmente o tecido linfático em todo o corpo, mas também afeta o sangue. É causada pelo vírus de Epstein-Barr (EBV). Ocorre principalmente em crianças e jovens. O vírus geralmente entra no corpo por contato oral íntimo. Os sintomas incluem fadiga, dor de cabeça, tontura, dor de garganta, linfonodos inchados e doloridos e febre.

Leucemia

Clinicamente, a *leucemia* é classificada com base na duração e nas características da doença, ou seja, aguda ou crônica. A leucemia aguda é uma doença maligna dos tecidos formadores do sangue caracterizada por produção descontrolada e por acúmulo de leucócitos imaturos. Na leucemia crônica, há um acúmulo de leucócitos maduros na corrente sangüínea porque eles não morrem quando chegam ao final de seu tempo de vida médio. O *vírus de linfoma-leucemia da célula T humana* (*HTLV-1*) é altamente associado a alguns tipos de leucemia.

Na leucemia aguda, pode haver anemia e sangramentos resultantes da superpopulação de células imaturas produzidas pela medula óssea, que não permite que as células produzam normalmente glóbulos vermelhos e plaquetas. O acúmulo anormal de leucócitos imaturos pode ser reduzido utilizando-se raio X e drogas antileucêmicas.

Terminologia e Condições Médicas

Hemodiluição normovolêmica aguda Remoção do sangue imediatamente antes de uma cirurgia e sua reposição com uma solução livre de células para manter o volume normal para circulação adequada. Ao final da cirurgia, quando o sangramento estiver controlado, o sangue coletado é reposto no corpo.

Transfusão autóloga pré-operatória Doação de sangue em causa própria até 6 semanas antes da cirurgia eletiva. Também chamada de *pré-doação*.

Transfusão autológa intra-operatória Procedimento no qual o sangue perdido durante a cirurgia é succionado, tratado com um anticoagulante e reinfundido no paciente.

Banco de sangue Local de armazenamento de sangue doado para uso futuro pelos próprios doadores ou outros. Como os bancos de sangue de hoje têm outras funções além desta (trabalho de referência em imunoematologia, educação médica continuada, armazenamento de ossos e tecidos e consultas clínicas), são mais apropriadamente chamados de *centros de medicina transfusional* (hemocentro).

Cianose Coloração azulada ou arroxeada da pele, mais facilmente visível nas unhas e nas túnicas mucosas, causada por um aumento da quantidade de hemoglobina reduzida (não combinada com oxigênio) na circulação sistêmica.

Transfusão exsangüínea Remoção do sangue do receptor ao mesmo tempo em que este é substituído pelo sangue do doador. Este método é utilizado para o tratamento da doença hemolítica do recém-nascido e envenenamento.

Gamaglobulina Uma amostra de anticorpos coletados de vários doadores (ou desenvolvida em laboratório contra doenças específicas) que é injetada em uma pessoa para estimular temporariamente o sistema imune. Tais anticorpos conferem imu-

nidade a doenças como sarampo e hepatite A. Anticorpos específicos podem ser produzidos a partir da introdução de determinado antígeno em um animal e coletando-se os anticorpos de seu soro.

Hemocromatose (*heme* = ferro; *chroma* = cor) Doença do metabolismo do ferro caracterizada por depósitos excessivos de ferro nos tecidos, especialmente fígado e pâncreas, que resultam em uma coloração bronze na pele, cirrose, diabete melito e anomalias nos ossos e nas articulações.

Hemorragia (*rrhage* = explosão) Sangramento interno (do vaso sangüíneo para os tecidos) ou externo (dos vasos sangüíneos diretamente à superfície do corpo).

Mieloma múltiplo Doença maligna de plasmócitos na medula óssea vermelha; os sintomas (dor, osteoporose, hipercalcemia, trombocitopenia e insuficiência renal) são causados pela massa de células tumorais em crescimento ou anticorpos produzidos pelas células malignas.

Concentrados de plaquetas Um preparado de plaquetas obtido de sangue total fresco e usado para transfusões em pacientes com deficiência de plaquetas, tais como hemofílicos.

Porfíria (*porphyria* = roxo) Qualquer grupo de doenças hereditárias causadas pelo acúmulo no corpo de substâncias denominadas porfirinas (moléculas formadas durante a síntese de hemoglobina e outras moléculas importantes). O acúmulo é devido a deficiências hereditárias de enzimas. Os sintomas incluem irritação ou bolhas na pele desencadeadas pela luz do sol, dor abdominal e distúrbios neurológicos com o uso de certas drogas, como barbitúricos e álcool.

Septicemia (*sep* = decomposição; *emia* = condição do sangue) Toxinas ou bactérias patogênicas que crescem e se reproduzem no sangue. Também chamada de *envenenamento do sangue*.

Trombocitopenia (*trombo* = coágulo; *cyto* = célula; *penia* = falta) Contagem muito baixa de plaquetas que resulta em uma tendência a sangramentos de capilares.

Transfusão Transferência de sangue total, de componentes do sangue (somente glóbulos vermelhos ou somente plasma) ou de medula óssea diretamente para a corrente sangüínea.

Venesecção (*veno* = veia) Abertura de uma veia para retirada de sangue. Embora flebotomia (*phlebo* = veia; *tome* = cortar) seja um sinônimo, na prática clínica, flebotomia refere-se a um procedimento terapêutico, como a remoção de um pouco de sangue para diminuir a viscosidade do sangue de um paciente com policitemia.

Sangue total Sangue que contém todos os elementos figurados, plasma e solutos plasmáticos em concentrações naturais.

Resumo dos Estudos

Funções do Sangue (p. 322)

1. O sangue transporta oxigênio, dióxido de carbono, nutrientes, resíduos e hormônios.
2. Auxilia a regular o pH, a temperatura do corpo e o conteúdo hídrico das células.
3. Evita as perdas de sangue por meio da coagulação e combate micróbios e toxinas pela ação de glóbulos brancos fagocíticos ou proteínas plasmáticas especializadas.

Características Físicas do Sangue (p. 322)

1. As características físicas do sangue incluem a viscosidade maior que a da água, uma temperatura de 38°C (100, 4°F) e um pH entre 7,35 e 7,45.
2. O sangue perfaz em torno de 8% do peso corporal de um adulto.

Componentes do Sangue (p. 322)

1. O sangue consiste de 55% de plasma e 45% de elementos figurados.
2. Os elementos figurados no sangue incluem eritrócitos (glóbulos vermelhos), leucócitos (glóbulos brancos) e plaquetas.

Formação das Células Sangüíneas (p. 322)

1. As células sangüíneas são formadas das células-tronco do tecido hemopoiético (hemocitopoético) na medula óssea vermelha.
2. O processo é chamado de hemopoiese (hemocitopoese).

Eritrócitos (Glóbulos Vermelhos) (p. 322)

1. Os eritrócitos são discos bicôncavos sem núcleo que contêm hemoglobina.
2. A função da hemoglobina nos glóbulos vermelhos é transportar oxigênio e pouco dióxido de carbono.
3. Os glóbulos vermelhos vivem em torno de 120 dias. Um homem saudável tem 5,4 milhões/mm^3 de sangue; uma mulher saudável, 4,8 milhões/mm^3 de sangue.
4. Após a fagocitose dos glóbulos vermelhos velhos pelos macrófagos, a hemoglobina é reciclada.
5. A formação de eritrócitos, chamada de eritropoiese (eritrocitopoese), ocorre na medula vermelha adulta de certos ossos. É estimulada por hipoxia, que estimula a liberação de eritropoietina (eritropoetina) pelos rins.
6. A contagem de reticulócitos é o teste diagnóstico para indicar a taxa de eritropoiese (eritrocitopoese).
7. O hematócrito (Hct) mede a porcentagem de glóbulos vermelhos no sangue total.

Leucócitos (Glóbulos Brancos) (p. 327)

1. Os leucócitos são células nucleadas. Os dois tipos principais são granulares (neutrófilos, eosinófilos, basófilos) e agranulares (linfócitos e monócitos).
2. A função geral dos leucócitos é combater a inflamação e a infecção. Os neutrófilos e os macrófagos (que se desenvolvem a partir de monócitos) o fazem por fagocitose.

3. OS eosinófilos combatem os efeitos da histamina em reações alérgicas, fagocitam complexos antígeno-anticorpo e combatem vermes parasitas; os basófilos transformam-se em mastócitos que liberam heparina, histamina e serotonina em reações alérgicas que intensificam a resposta inflamatória.
4. As células B (linfócitos) são efetivas contra bactérias e outras toxinas. As células T (linfócitos) são efetivas contra vírus, fungos e células de câncer. Células exterminadoras naturais atacam micróbios e células tumorais.
5. Os glóbulos brancos geralmente vivem somente por poucas horas ou poucos dias. O sangue normal contém de 5.000 a 10.000/mm^3.

Plaquetas (p. 330)

1. Plaquetas são estruturas em forma de disco e sem núcleo.
2. São formadas a partir de megacariócitos e têm envolvimento na coagulação.
3. O sangue normal contém de 250.000 a 400.000/mm^3.

Plasma (p. 330)

1. O plasma contém 91,5% de água e 8,5% de solutos.
2. Os solutos principais incluem proteínas (albuminas, globulinas, fibrinogênio), nutrientes, hormônios, gases respiratórios, eletrólitos e resíduos.

Hemóstase (Hemostasia) (p. 330)

1. Hemóstase refere-se à parada de um sangramento.
2. Envolve vasoconstrição, formação do tampão plaquetário e coagulação do sangue.
3. Na vasoconstrição, o músculo liso da parede do vaso sangüíneo contrai-se para retardar o fluxo de sangue.
4. A formação do tampão plaquetário é o agrupamento de plaquetas para parar o sangramento.
5. Um coágulo é uma rede de fibras de proteína insolúvel (fibrina) na qual os elementos figurados do sangue ficam aprisionados.
6. As substâncias químicas envolvidas na coagulação são conhecidas como fatores de coagulação.
7. A coagulação do sangue envolve uma série de reações que podem ser divididas em três estágios: formação da protrombinase (ativador da protrombina), conversão da protrombina em trombina e conversão do fibrinogênio solúvel em fibrina insolúvel.
8. O estágio 1 da coagulação é iniciado pela ação das rotas intrínseca e extrínseca da coagulação.
9. A coagulação normal requer vitamina K e também envolve retração (contração) do coágulo e fibrinólise (dissolução do coágulo).
10. Os anticoagulantes (heparina, por exemplo) evitam a coagulação.
11. A coagulação em um vaso sangüíneo intacto é chamada de trombose. Um trombo que se move do seu local de origem é chamado de êmbolo.

Tipagem do Sangue (p. 334)

1. No sistema ABO, os isoantígenos A e B determinam o grupo sangüíneo. O plasma contém isoanticorpos – anticorpos designados "anticorpo antiA e anticorpo antiB", que reagem com antígenos que são estranhos ao indivíduo.
2. No sistema Rh, os indivíduos cujos eritrócitos têm antígenos Rh são chamados Rh^+. Aqueles que não têm, são Rh^-.

Auto-avaliação

1. Qual das afirmativas abaixo NÃO é verdadeira com relação aos eritrócitos?
   a. A produção de glóbulos vermelhos é conhecida como eritropoiese (eritrocitopoese). b. Os glóbulos vermelhos originam-se de células-tronco hemopoiéticas. c. Os glóbulos vermelhos possuem um núcleo lobado e o citoplasma granular. d. O fígado está envolvido na destruição e na reciclagem dos componentes dos glóbulos vermelhos. e. A hipoxia causa um aumento na produção de glóbulos vermelhos.
2. Uma das principais funções dos eritrócitos é:
   a. manter o volume de sangue b. auxiliar na coagulação do sangue c. conferir imunidade contra certas doenças d. limpar os restos celulares após uma infecção e. levar oxigênio às células do corpo.
3. Se uma contagem diferencial de glóbulos brancos indicar um número de basófilos acima do normal, o que pode estar ocorrendo no corpo?
   a. infecção crônica b. reação alérgica c. leucopenia d. resposta inicial a bactérias invasoras e. hemóstase.
4. Em uma pessoa com sangue do grupo A, o(s) isoanticorpo(s) presente(s) no plasma é (são)
   a. anticorpo antiB b. anticorpo antiA c. ambos anticorpos antiB e antiA d. nem anticorpo antiA nem antiB e. anticorpos antiO
5. A doença hemolítica do recém-nascido (eritroblastose fetal) pode ocorrer no feto de uma segunda gravidez se
   a. a mãe for Rh^+ e o bebê for Rh^- b. a mãe for Rh^+ e o bebê for Rh^+ c. a mãe for Rh^- e o bebê for Rh^- d. a mãe for Rh^- e o bebê for Rh^+ e. o pai for Rh^- e a mãe for Rh^+
6. A contagem normal de plaquetas por milímetro cúbico de sangue seria
   a. 5.000-10.000 b. 4,8-5,2 milhões c. 250.000-400.000 d. 50.000-200.000 e. 60-70
7. Se uma pessoa tem deficiência de vitamina K
   a. seus vasos sangüíneos sofrerão vasoconstrição b. a trombose é estimulada c. a coagulação é inibida d. a hemoglobina não é produzida e. ela desenvolverá anemia nutricional
8. Qual das seguintes afirmações é verdadeira com relação à coagulação do sangue?
   a. A rota intrínseca da coagulação utiliza fator tissular para formar protrombinase. b. A heparina inibe a conversão de trombina em protrombina. c. A rede de fibrina reforça o tampão de plaquetas. d. O sangue fluindo muito rapidamente através dos vasos pode iniciar a coagulação. e. A plasmina converte o fibrinogênio em fibrina.

9. Relacione os glóbulos brancos com suas funções:
   _____ a. macrófagos errantes desenvolvem-se a partir destas células
   _____ b. produzem anticorpos
   _____ c. envolvidos em reações alérgicas
   _____ d. primeira resposta à invasão bacteriana
   _____ e. destroem complexos antígeno-anticorpo; combatem inflamações

   A. neutrófilos
   B. eosinófilos
   C. basófilos
   D. linfócitos
   E. monócitos

10. Com relação à hemóstase, coloque os passos seguintes na sua ordem correta.
    I. Retração do coágulo
    II. Protrombinase formada
    III. Fibrinólise pela plasmina
    IV. Vasoconstrição
    V. Conversão de protrombina em trombina
    VI. Formação do tampão plaquetário
    VII. Conversão do fibrinogênio em fibrina

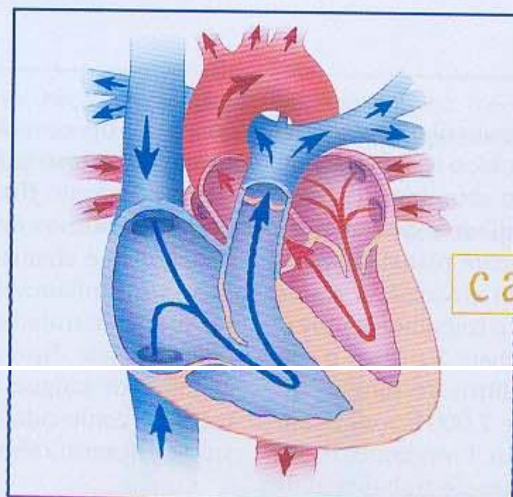
    ____,____,____,____,____,____,____

11. O sangue é caracterizado por
    a. pH entre 7,0 e 7,4 b. volume médio, em mulheres, de 6,5 litros c. temperatura de 38°C d. viscosidade igual à da água e. volume de plasma igual a 45%
12. A substância que causa a cor amarelada da icterícia é
    a. albumina b. leucócitos c. biliverdina d. bilirrubina e. hemoglobina
13. Um eritrócito em uma pessoa de sangue A terá _____ _____ na superfície de sua membrana.
    a. isoantígeno A b. isoantígeno B c. isoantígeno A do complexo de histocompatibilidade principal d. isoantígeno A e isoantígeno Rh e. isoantígeno B e isoantígeno Rh
14. Os leucócitos agranulares
    a. são monócitos e linfócitos b. são neutrófilos e linfócitos c. transformam-se em leucócitos granulares após a migração d. não são contados na contagem diferencial de leucócitos e. estão envolvidos na produção de plaquetas
15. A falta de coagulação adequada seria mais provavelmente causada por um problema com
    a. eritropoietina (eritropoetina) b. globulinas c. fibrinogênio d. aglutinação e. fator intrínseco

Aplicação do Pensamento Crítico

1. A atresia biliar é uma doença na qual os ductos que transportam a bile saindo do fígado não funcionam. Um bebê com esta doença terá olhos amarelos (esclera amarela) e outros problemas. Qual a causa dos olhos amarelos?
2. Taylor cortou seu dedo quando estava cortando um pãozinho. Liste os passos envolvidos na hemóstase.
3. Compare as cores que você vê durante a reabsorção de um hematoma com os pigmentos liberados e quando os glóbulos vermelhos são reciclados no fígado. Tente correlacionar as cores do hematoma em seqüência com a conversão dos pigmentos dos eritrócitos.
4. Um estudante universitário queixou-se de falta de energia e fadiga constante. A enfermeira notou que sua pele estava pálida e descolorida. Foi solicitada uma contagem total de sangue (hemograma). Por que motivo?
5. Fumar cigarros pode causar coagulação dentro de vasos normais, sem dano algum. Qual o nome desta doença e que tipos de problema pode causar no corpo?
6. Uma mulher com sangue tipo A+ casou com um homem com sangue tipo B-. Ela está grávida pela segunda vez. Há alguma probabilidade de doença hemolítica do recém-nascido (eritroblastose fetal) nesta gravidez? Explique.

Respostas às Perguntas das Figuras

14.1 Sangue, coração e vasos sangüíneos.
14.2 Temperatura, 38°C (100,4°F); pH 7,35 a 7,45; peso corporal, 8%.
14.3 Quatro – um ligado a cada grupo heme.
14.4 Estercobilina.
14.5 Hipoxia.
14.6 Vasoconstrição, formação do tampão plaquetário e coagulação do sangue.
14.7 Plasma sangüíneo menos proteínas da coagulação.
14.8 Formação de protrombinase.
14.9 Anticorpos antiA e antiB.
14.10 Hemólise.

O Sistema Cardiovascular (Circulatório): Coração

objetivos do aprendizado

1. Descrever a estrutura e as funções do pericárdio. 342
2. Descrever a estrutura e as funções das valvas do coração. 346
3. Descrever a importância clínica do fornecimento de sangue ao coração. 347
4. Explicar como cada batimento cardíaco é iniciado e mantido. 348
5. Descrever o significado e o valor diagnóstico de um eletrocardiograma. 350
6. Explicar como o sangue flui através do coração. 350
7. Descrever as fases do ciclo cardíaco. 350
8. Identificar os fatores que afetam a freqüência cardíaca. 353
9. Listar e explicar os fatores de risco envolvidos na doença cardíaca. 353

uma visão geral

O **coração** é o centro do sistema cardiovascular (circulatório). Enquanto o termo *cardio* refere-se ao coração, o termo *vascular* refere-se aos vasos sangüíneos (ou suprimento abundante de sangue). O coração propulsiona o sangue por milhares de quilômetros de vasos sangüíneos, e foi maravilhosamente planejado para desenvolver tal tarefa. Embora ignoremos esta atividade a maior parte do tempo, a capacidade do coração para o trabalho é impressionante. Mesmo em repouso, o coração bombeia 30 vezes o seu próprio peso a cada minuto, em torno de 5 litros de sangue, ao corpo. A esta razão, o coração bombeia mais de 7.000 litros de sangue em um dia e 5 milhões de litros em um ano. Entretanto, como você não está em repouso o tempo todo e o coração trabalha mais vigorosamente quando você está em atividade, o fluxo real é muito maior.

O sistema cardiovascular proporciona esta "bomba" para a circulação contínua de sangue "novo" através de aproximadamente 100.000 quilômetros de vasos sangüíneos. À medida que o sangue flui pelos tecidos do corpo, nutrientes e oxigênio são transferidos do sangue para o fluido intersticial e, dali, para dentro das células. Ao mesmo tempo em que isto ocorre, o sangue recolhe resíduos, dióxido de carbono e calor. Este capítulo explora a estrutura e a função do coração, um órgão que suporta uma vida de trabalho sem descansar um minuto sequer.

O estudo do coração e das doenças associadas a ele é conhecido como *cardiologia* (*cardio* = coração).

Localização do Coração

O coração situa-se entre os dois pulmões, no mediastino, a região entre os pulmões que vai do esterno até a coluna vertebral (veja a Figura 1.8). Aproximadamente dois terços do coração ficam à esquerda da linha mediana do corpo (Figura 15.1). O coração tem a forma de um cone de ponta arredondada do tamanho aproximado de uma mão fechada. Sua extremidade pontuda, o ***ápice***, é formada pela ponta do ventrículo esquerdo, uma câmara inferior do coração, e repousa no diafragma. Os principais vasos sangüíneos entram e saem da ***base*** do coração, formada pelos átrios (câmaras superiores do coração), principalmente o átrio esquerdo.

Pericárdio

Objetivo: *Descrever a estrutura e as funções do pericárdio.*

O coração é recoberto e mantido no lugar pelo ***pericárdio*** (*peri* = em volta). Este consiste de duas porções, o pericárdio fibroso e o pericárdio seroso (Figura 15.2). O ***pericárdio fibroso***, mais externo, é um tecido conjuntivo irregular denso que evita que o coração distenda-se excessivamente, proporciona uma membrana protetora reforçada ao redor do coração, sustentando-o no mediastino. O ***pericárdio seroso***, interno, é uma membrana mais delicada que forma uma bicamada em torno do coração: (1) a ***lâmina parietal***, mais externa, do pericárdio seroso está imediatamente abaixo do pericárdio fibroso; (2) a ***lâmina visceral***, mais interna, do pericárdio seroso, também chamada de ***epicárdio***, está abaixo da lâmina parietal, aderida ao miocárdio (músculo do coração). Entre as lâminas parietal e visceral d pericárdio seroso existe um fino filme de fluido seroso. Este fluid conhecido como ***fluido pericárdico***, evita a fricção entre as lâ minas quando o coração se move. O espaço ocupado pelo fluid pericárdico é chamado de ***cavidade do pericárdio***.

Uma inflamação do pericárdio é conhecida como ***pericardi-te***. Se não for tratada, a pericardite pode ser fatal. Como o pericárdi não consegue distender-se para acomodar o excesso de fluido acúmulo de sangue, o coração fica sujeito à compressão. Esta compressão, conhecida como ***tamponamento cardíaco***, pode resultar em insuficiência cardíaca.

Parede do Coração

A parede do coração (Figura 15.2a) é composta de três camadas (1) epicárdio (camada externa), (2) miocárdio (camada média) (3) endocárdio (camada interna). O ***epicárdio*** (*epi* = em cima que é a camada visceral do pericárdio seroso, é a lâmina extern fina, transparente, da parede. É composto de mesotélio e tecid conjuntivo.

O ***miocárdio*** (*myo* = músculo) consiste de tecido muscu lar cardíaco e perfaz a maior parte do coração. Este tecido é en contrado unicamente no coração e tem função e estrutura especi lizadas. O miocárdio é responsável pela ação de bombeamento d coração. As fibras (células) do músculo cardíaco são estriada involuntárias e ramificadas, e o tecido está organizado em feixe entrelaçados de fibras (veja a Figura 25.2b).

As fibras musculares cardíacas formam duas redes separa das – uma atrial e uma ventricular. A estrutura exclusiva das fibra musculares cardíacas é responsável pela função exclusiva do cora ção. Cada fibra conecta-se a outras fibras por espessamentos d sarcolema chamados de ***discos intercalados***, formando redes No interior destes discos encontramos ***junções gap*** que auxilian na condução dos potenciais de ação entre as fibras musculare cardíacas. Essas junções formam pontes para a transmissão rápid da excitação (potenciais de ação musculares) de uma fibra à ou tra. Os discos intercalados também ligam as fibras musculares car díacas entre si, de maneira que não se separem. Cada rede con trai-se como uma unidade funcional. Os átrios contraem-se como uma unidade, e os ventrículos como outra.

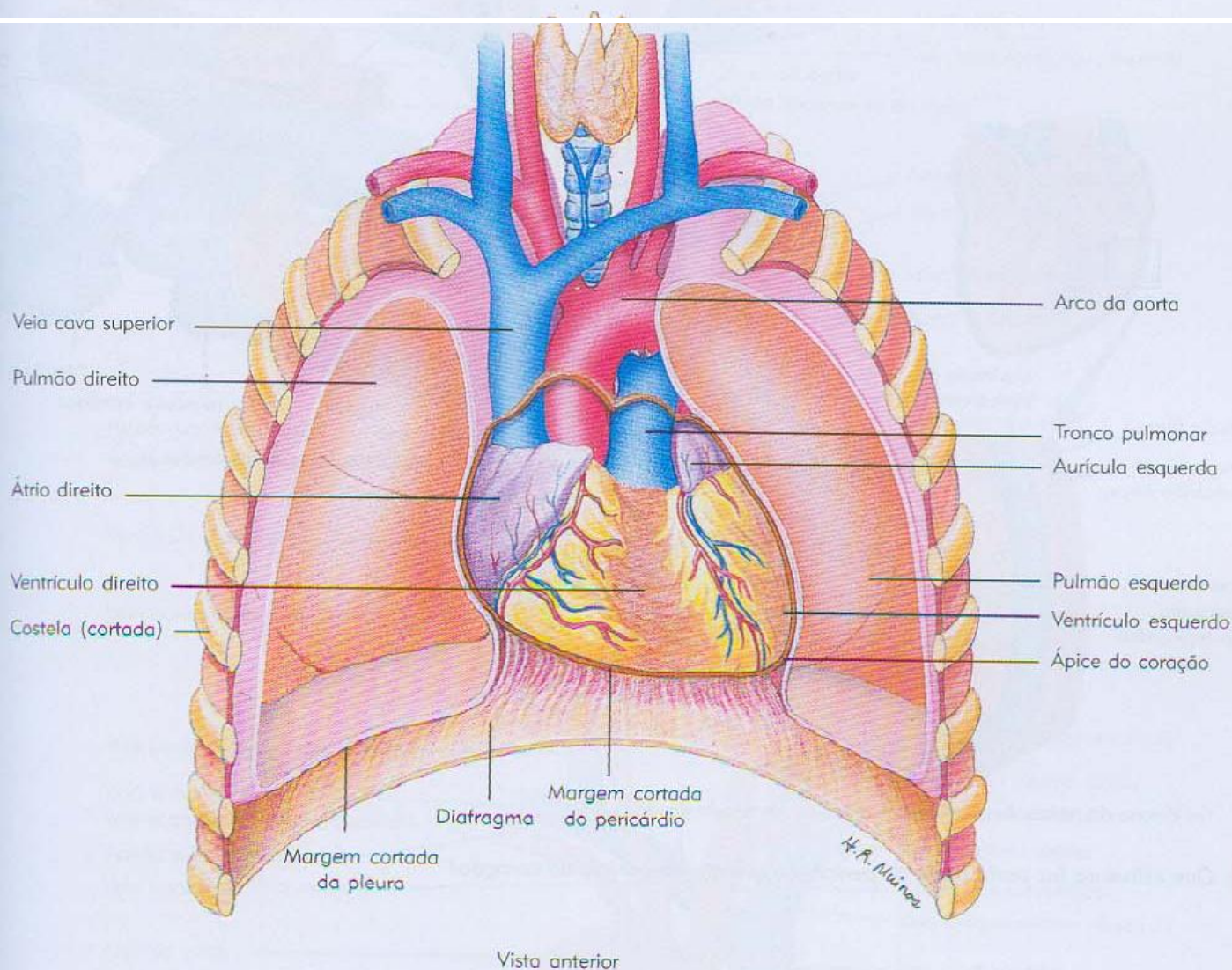
O ***endocárdio*** (*endo* = dentro) é uma camada fina d epitélio escamoso simples (endotélio) que reveste o interior d miocárdio e recobre as valvas do coração e as cordas tendínea ligadas a elas. É contínuo com o epitélio que reveste os grande vasos sangüíneos.

As inflamações do epicárdio, do miocárdio e do endocárdio são chamadas, respectivamente, de ***epicardite***, ***miocardite*** e ***endocardite***.

Câmaras do Coração

O interior do coração é dividido em quatro cavidades cha madas de ***câmaras*** que recebem e bombeiam sangue (Figura 15.3). As duas câmaras superiores são chamadas de ***átrios*** (*atriu*

Figura 15.1 Posição do coração e dos vasos sangüíneos associados na cavidade torácica. Nesta ilustração, e nas subseqüentes, os vasos que levam sangue arterial (oxigenado) são representados em cor vermelha; os vasos que levam sangue venoso (desoxigenado), na cor azul.

O coração está localizado no mediastino com aproximadamente dois terços de sua massa à esquerda da linha média.

O que é mediastino?

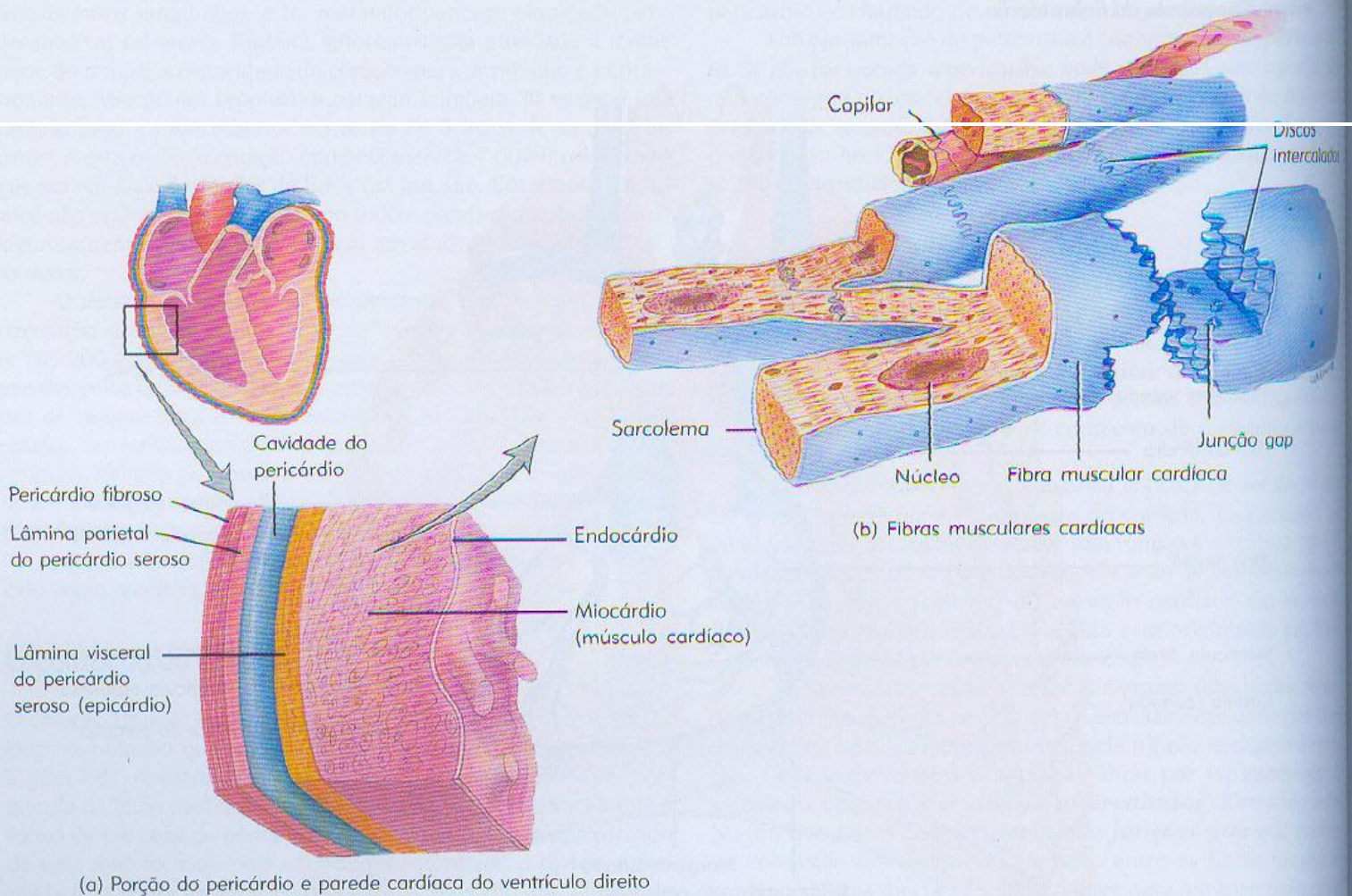
vestíbulo), direito e esquerdo. Os átrios são separados por uma parede divisória chamada de ***septo interatrial*** (*septum* = repartição). As duas câmaras inferiores são os ***ventrículos*** (*ventriculos* = pequeno ventre), direito e esquerdo. Eles estão separados por um ***septo interventricular***. Externamente, o ***sulco coronário*** separa os átrios dos ventrículos. Ele circunda o coração e contém gordura e vasos sangüíneos coronarianos.

A espessura do miocárdio das câmaras varia de acordo com a quantidade de trabalho que elas têm a fazer. As paredes dos átrios são finas quando comparadas às dos ventrículos, porque os átrios necessitam apenas de tecido muscular cardíaco suficiente para mandar o sangue aos ventrículos (Figura 15.3c). O ventrículo direito manda sangue apenas para os pulmões (circulação pulmonar); o ventrículo esquerdo bombeia sangue para todas as outras partes do corpo (circulação sistêmica). Assim, o ventrículo esquerdo deve trabalhar mais que o direito para manter a mesma taxa de fluxo sangüíneo. A estrutura dos dois ventrículos é relacionada a esta diferença funcional: a parede muscular do ventrículo esquerdo é consideravelmente mais espessa que a parede do ventrículo direito.

Figura 15.2 Pericárdio e parede do coração.

 O pericárdio é um envoltório de três camadas que envolve e protege o coração.

(a) Porção do pericárdio e parede cardíaca do ventrículo direito

(b) Fibras musculares cardíacas

P *Que estrutura faz parte tanto do pericárdio quanto da parede do coração?*

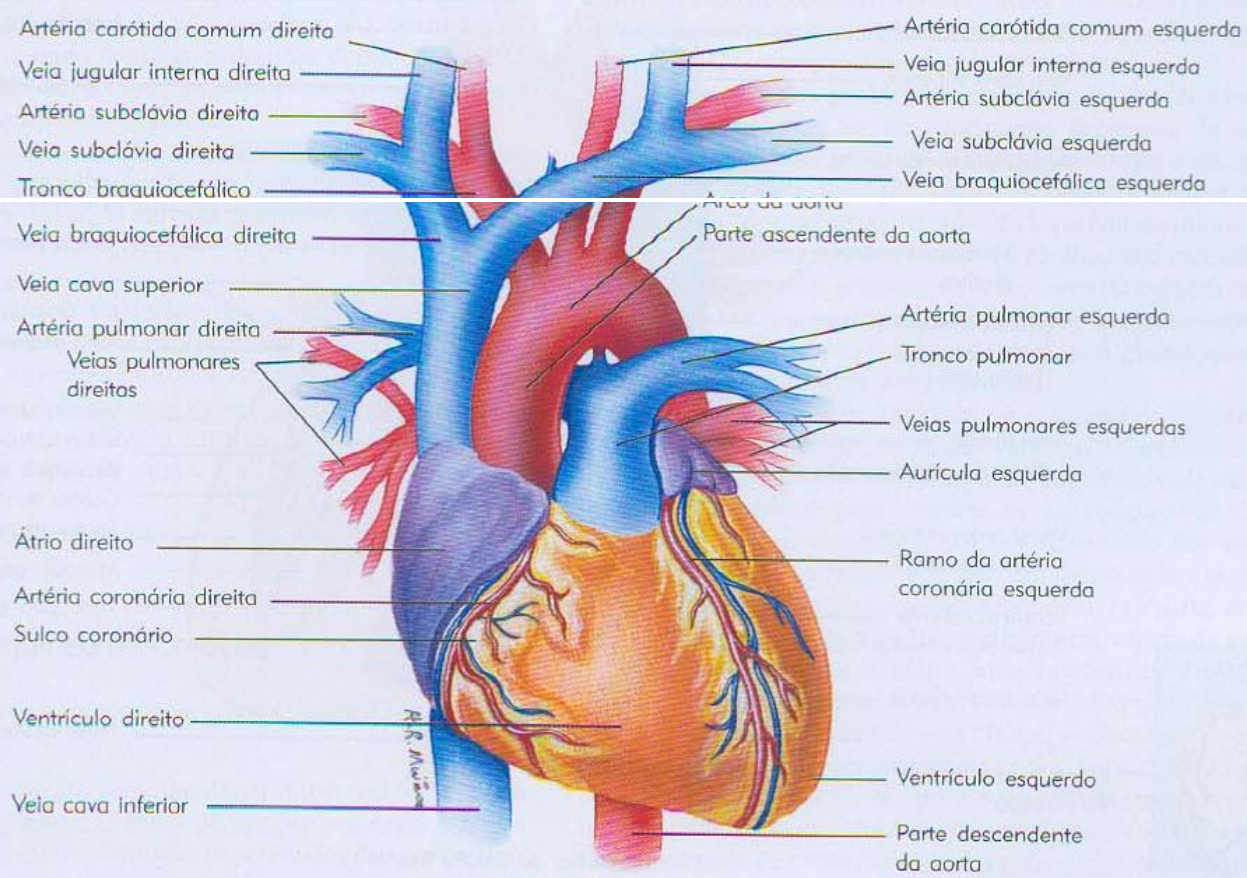
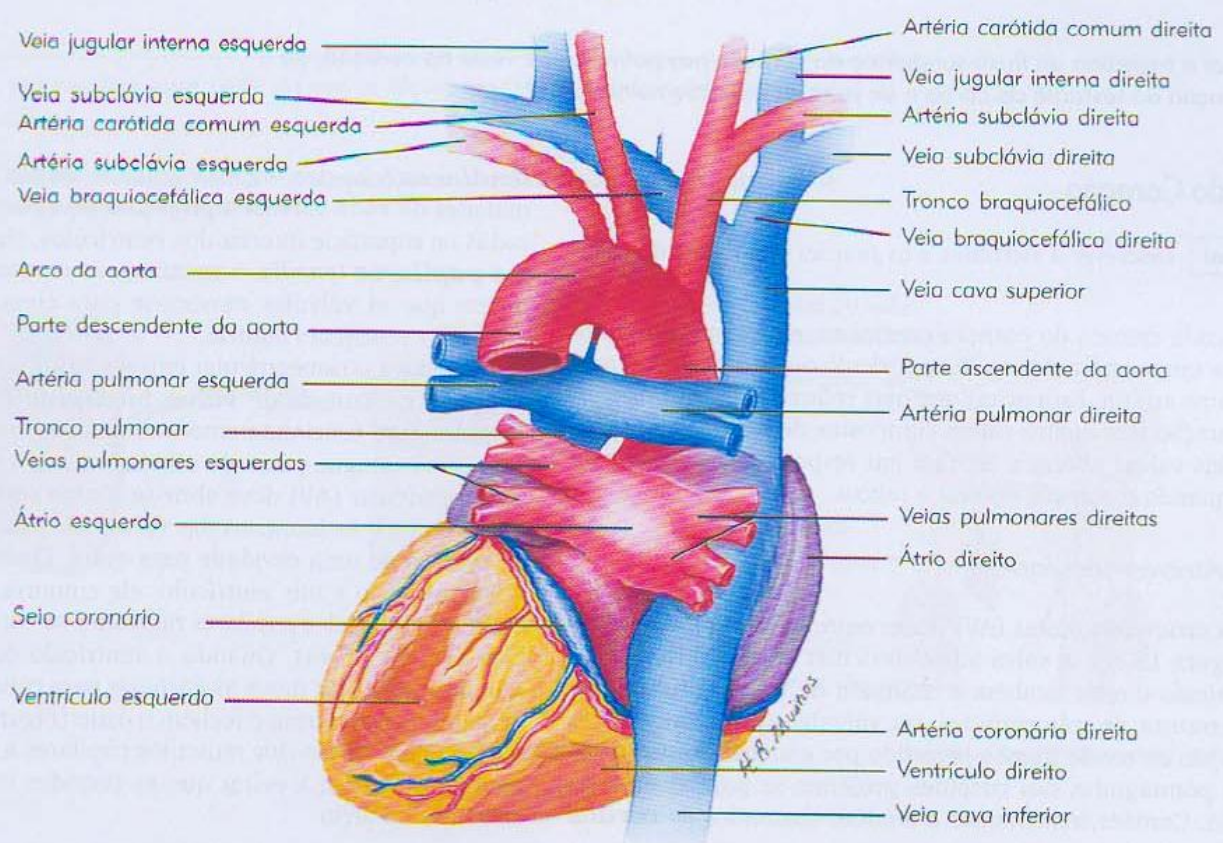
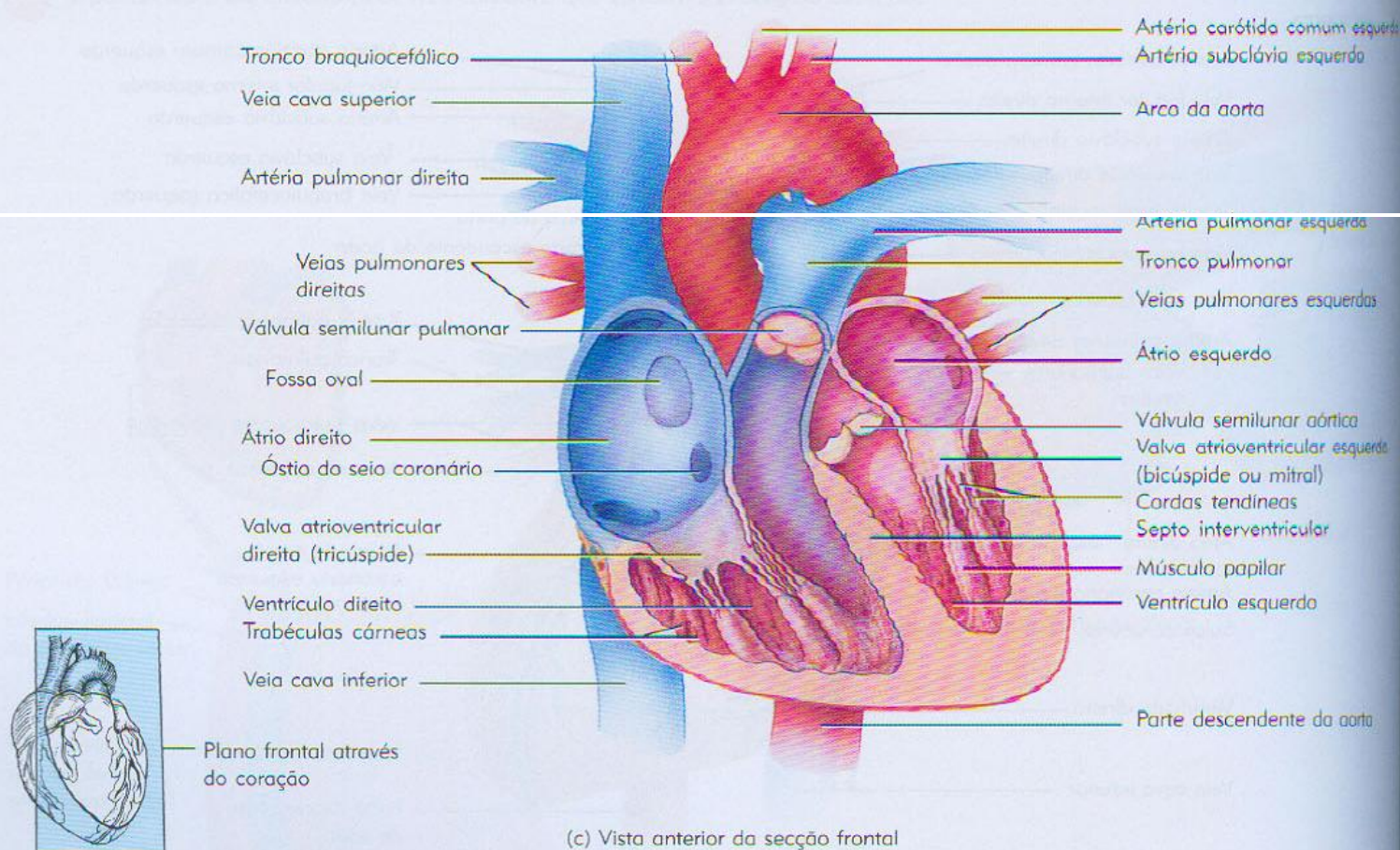
Grandes Vasos do Coração

O átrio direito recebe ***sangue venoso*** (sangue que cedeu o seu oxigênio às células) através de três veias. Veias são vasos sangüíneos que conduzem sangue *de volta ao coração*. A ***veia cava superior*** (*VCS*) (*vena* = veia; *caria* = espaço) traz sangue principalmente das partes do corpo que ficam acima do coração; a ***veia cava inferior*** (*VCI*) traz sangue principalmente das partes do corpo que ficam abaixo do coração; e o ***seio coronário*** drena o sangue da maioria dos vasos da parede do coração (Figura 15.3b,c). O átrio direito, então, envia o sangue venoso para o ventrículo direito, que o bombeia para o ***tronco pulmonar***. O tronco pulmonar divide-se em ***artérias pulmonares direita*** e ***esquerda***, cada uma levando o sangue ao pulmão correspondente. Artérias são vasos sangüíneos que conduzem o sangue *para longe* do coração. Nos pulmões, o sangue venoso libera o seu dióxido de carbono e absorve oxigênio. O ***sangue oxigenado***, ou *arterial*, (sangue que ainda não transferiu seu oxigênio para as células) é transportado ao átrio esquerdo por quatro ***veias pulmonares***. O sangue passa, então, ao ventrículo esquerdo, que bombeia o sangue para a ***aorta ascendente***. Desta, o sangue arterial passa às ***artérias coronárias***, ao ***arco da aórtica*** e às partes ***torácica*** e ***abdominal da aorta descendente***. Estes vasos sangüíneos e suas ramificações transportam o sangue a todas as partes do corpo.

Figura 15.3 Estrutura do coração.

As quatro câmaras do coração são os dois átrios, superiores, e os dois ventrículos, inferiores.

Figura 15.3 (Continuação)

(c) Vista anterior da secção frontal

P *Qual a trajetória do fluxo sangüíneo do coração aos pulmões, de volta ao coração, do coração ao restante do corpo e de volta ao coração novamente?*

Valvas do Coração

Objetivo: *Descrever a estrutura e as funções das valvas do coração.*

Quando cada câmara do coração contrai-se, ela impulsiona uma porção de sangue para dentro do ventrículo ou para fora do coração por uma artéria. Para evitar que haja refluxo (retorno) de sangue, o coração tem quatro *valvas* compostas de tecido conjuntivo denso. Tais valvas abrem e fecham em resposta a mudanças de pressão quando o coração contrai e relaxa.

Valvas Atrioventriculares

As valvas *atrioventriculares* (*AV*) ficam entre os átrios e os ventrículos (Figura 15.3c). A valva atrioventricular entre o átrio direito e o ventrículo direito também é chamada de ***valva tricúspide*** porque consiste de três cúspides, ou válvulas (projeções). Estas cúspides são de tecido fibroso revestido por endocárdio. As extremidades pontiagudas das cúspides projetam-se para dentro do ventrículo. Cordões semelhantes a tendões chamados de ***cordas tendíneas*** (*chordae* = corda; *tendo* = tendão) conectam as extremidades de cada válvula a projeções do músculo cardíaco, localizadas na superfície interna dos ventrículos, chamadas de ***músculos papilares*** (*papilla* = mamilo). As cordas tendíneas não permitem que as válvulas movam-se para cima, entrando no átrio quando o ventrículo contrai.

A valva atrioventricular entre o átrio esquerdo e o ventrículo esquerdo é chamada de ***valva bicúspide*** (*mitral*). Possui duas cúspides com funcionamento semelhante ao da valva tricúspide. Para que o sangue passe de um átrio a um ventrículo, uma valva atrioventricular (AV) deve abrir-se. Como você verá mais adiante, a abertura e o fechamento das valvas são causados por diferenças de pressão de uma cavidade para outra. Quando o sangue move-se de um átrio a um ventrículo, ele empurra as cúspides, que abrem, os músculos papilares relaxam e as cordas tendíneas afrouxam (Figura 15.4a). Quando o ventrículo contrai, a pressão do sangue ventricular move as cúspides para cima até que suas extremidades se encontrem e fechem o óstio (Figura 15.4b). Ao mesmo tempo, a contração dos músculos papilares e a tensão nas cordas tendíneas ajudam a evitar que as cúspides movam-se para cima entrando no átrio.

Valvas Semilunares

Perto da origem do tronco pulmonar e da aorta, encontramos valvas com função de evitar que o sangue reflua (retorne) para o coração. Estas valvas são constituídas por válvulas chamadas de ***semilunares*** (veja a Figura 15.3c). A ***valva do tronco pulmonar*** fica no óstio onde o tronco pulmonar deixa o ventrículo direito. A ***valva da aorta*** está situada no óstio onde a aorta inicia, deixando o ventrículo esquerdo.

Cada valva consiste de três válvulas semilunares (na forma de uma meia-lua). Cada válvula é fixada à parede da artéria. Como as valvas atrioventriculares, as válvulas semilunares permitem que o sangue flua apenas em uma direção – neste caso, dos ventrículos para as artérias.

Doença cardíaca valvular refere-se a qualquer condição na qual uma ou mais valvas cardíacas não operam apropriadamente. Estas valvas incompetentes podem causar a *regurgitação*, o refluxo de sangue através de uma valva incompletamente fechada. Isto pode levar à insuficiência cardíaca congestiva, na qual o coração não é mais capaz de suprir a demanda de oxigênio do corpo.

Um resumo do fluxo de sangue pelo coração é apresentado na Figura 15.5.

Suprimento Sangüíneo do Coração

Objetivo: *Descrever a importância clínica do suprimento de sangue do coração.*

A parede do coração, como qualquer outro tecido, tem seus próprios vasos sangüíneos. O fluxo de sangue por esses numerosos vasos do miocárdio é chamado de ***circulação coronária*** (cardíaca).

Os vasos coronários principais são as ***artérias coronárias direita*** e ***esquerda***, que se originam da aorta ascendente (veja a Figura 15.3a). Cada ramo arterial ramifica-se para suprir o tecido de oxigênio e de nutrientes. A maior parte do sangue venoso, que transporta dióxido de carbono e resíduos, é coletada por uma veia grande na parte posterior do coração, o *seio coronário* (veja a Figura 15.3b), que o transfere para o átrio direito.

A maioria dos problemas cardíacos resulta de circulação coronária deficiente. Se um suprimento deficiente de oxigênio enfraquece as células mas não as mata, a condição é chamada de *isquemia* (*ischein* = suprimir; *haima* = sangue). *Angina pectoris*, que significa "dor no peito", resulta de isquemia do miocárdio. As causas mais comuns incluem estresse, trabalho físico excessivo após uma refeição pesada, estreitamento das artérias coronárias, pressão alta e febre. Os sintomas incluem dor no tórax, acompanhada de aperto ou pressão e dificuldade de respirar. Algumas vezes, pode ocorrer fraqueza, tontura e transpiração.

Um problema bem mais sério é o *infarto do miocárdio*, ou *IM*, comumente chamado de ataque cardíaco. *Infarto* é a morte de uma área de tecido pela interrupção do suprimento de sangue. O infarto do miocárdio pode resultar de um coágulo em uma das artérias coronárias. O tecido morre e é substituído por uma cicatriz de tecido não-contrátil, que faz com que o músculo cardíaco perca força. Os efeitos pós-infarto dependem, em parte, do tamanho e da localização da área infartada (morta). Além da morte do tecido cardíaco normal, o infarto pode interferir no fluxo dos potenciais de ação que fazem o coração bater. Isto pode causar morte súbita (*fibrilação ventricular*; veja "Doenças Comuns" no final do capítulo), mas pode ser revertido se for feito ressuscitamento cardiopulmonar (RCP) a tempo. Os indivíduos que sobrevivem a um IM podem desenvolver novos vasos sangüíneos, que levam sangue através de vasos secundários após a obstrução de um vaso principal.

Figura 15.4 Valvas atrioventriculares (AV). As valvas bicúspide (mitral) e tricúspide operam de maneira semelhante.

As valvas cardíacas abrem e fecham em resposta a mudanças de pressão quando o coração sofre contração e relaxamento.

(a) Valva bicúspide (mitral) aberta

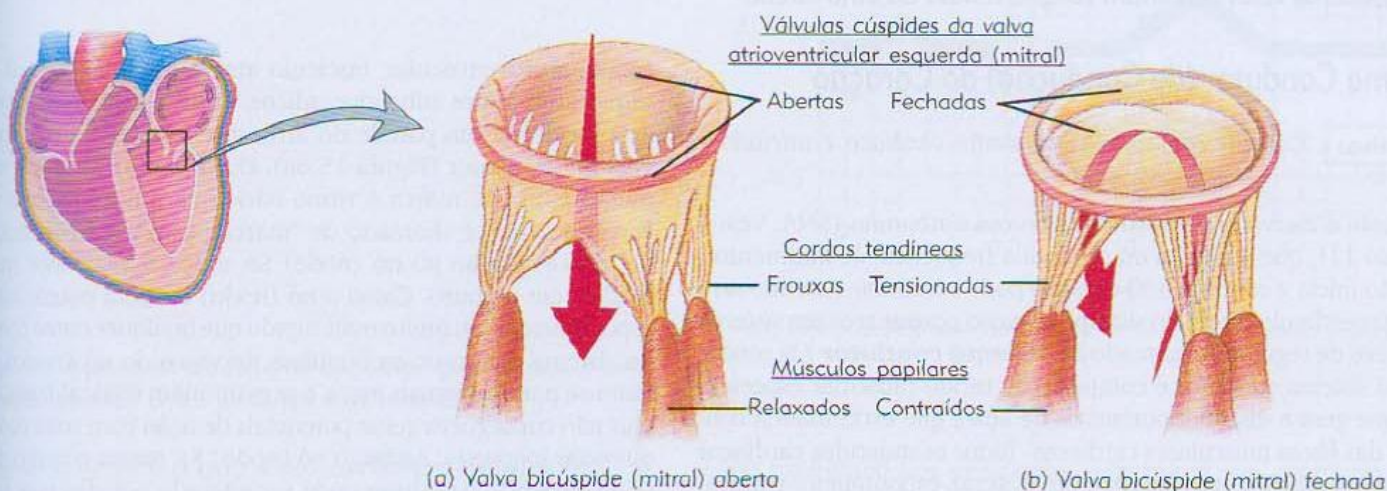
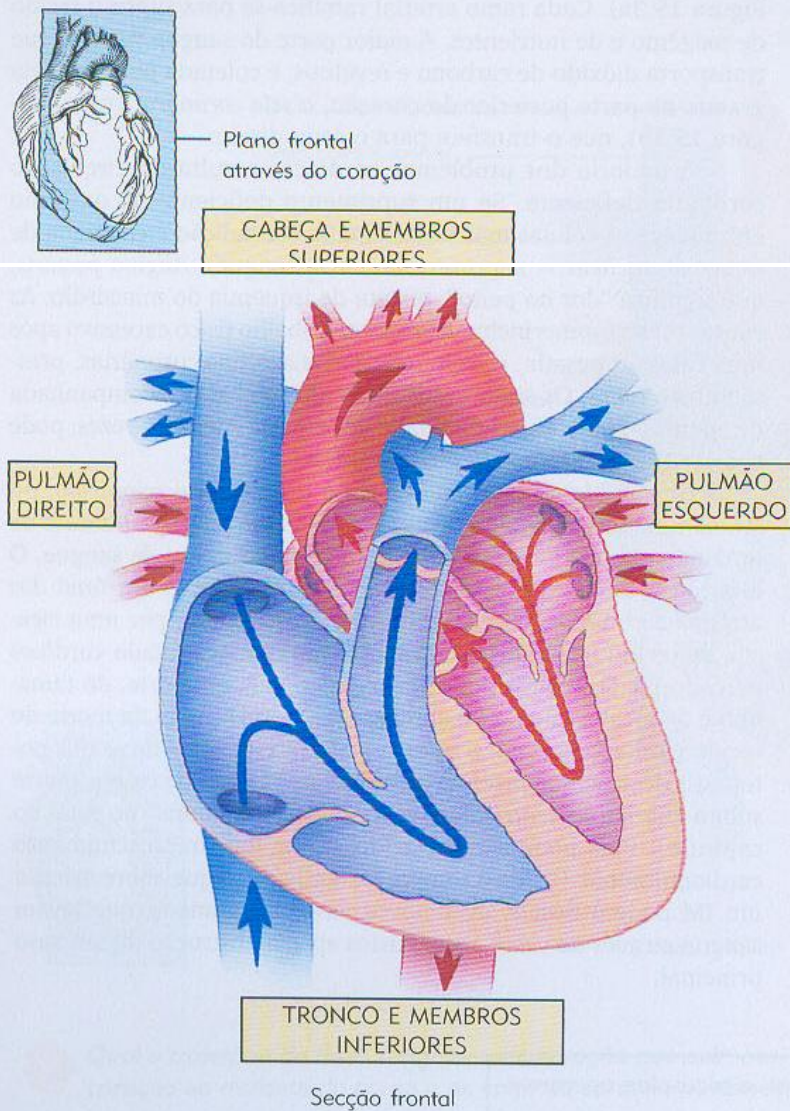
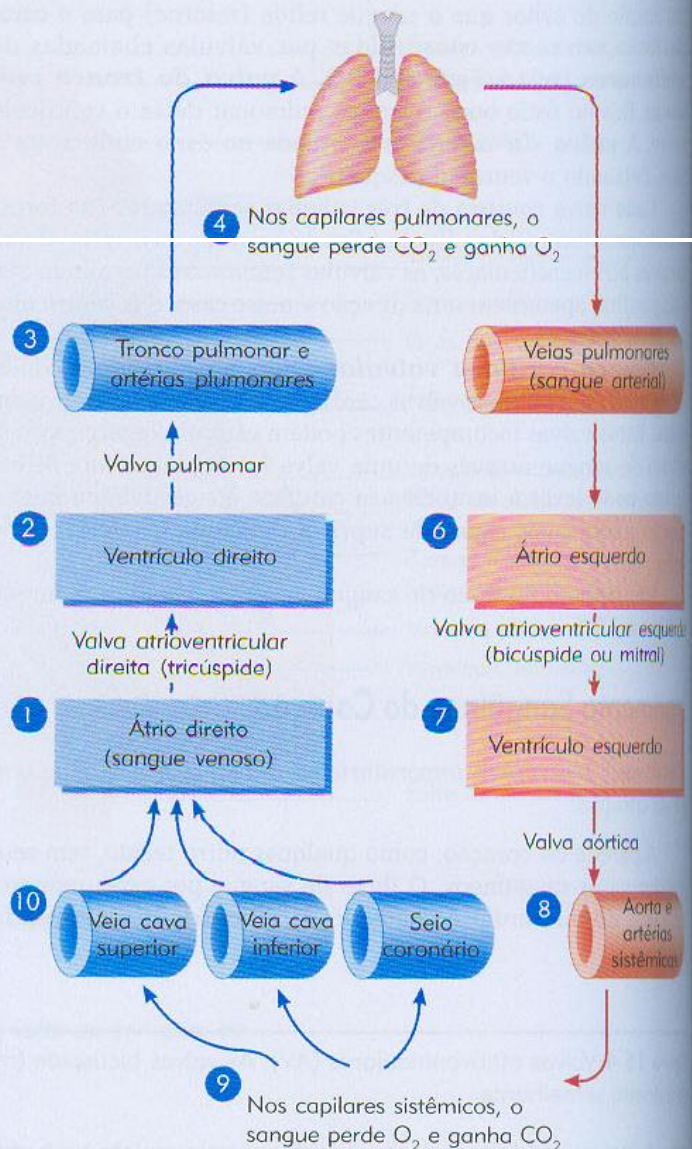
(b) Valva bicúspide (mitral) fechada

Qual a função das valvas cardíacas?

Figura 15.5 Fluxo de sangue no coração.

(a) Rota do sangue dentro do coração

(b) Diagrama do fluxo sangüíneo

P ***Quais as veias que levam sangue venoso ao átrio direito?***

Sistema Condutor (de Condução) do Coração

Objetivo: *Explicar como cada batimento cardíaco é iniciado e mantido.*

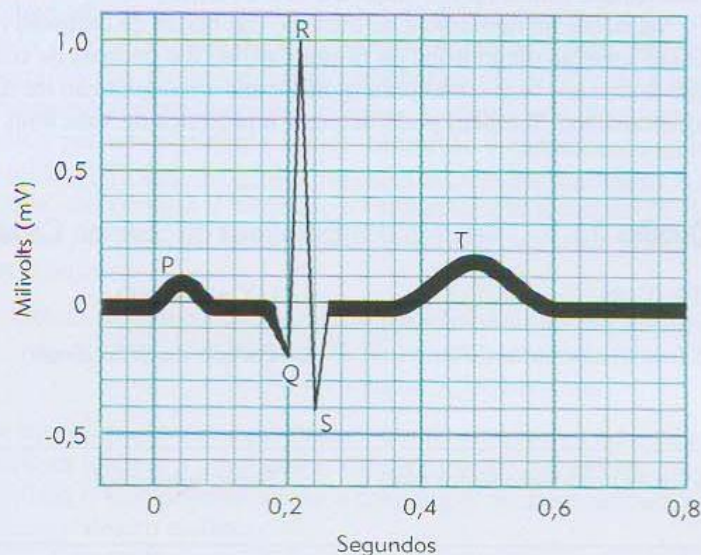
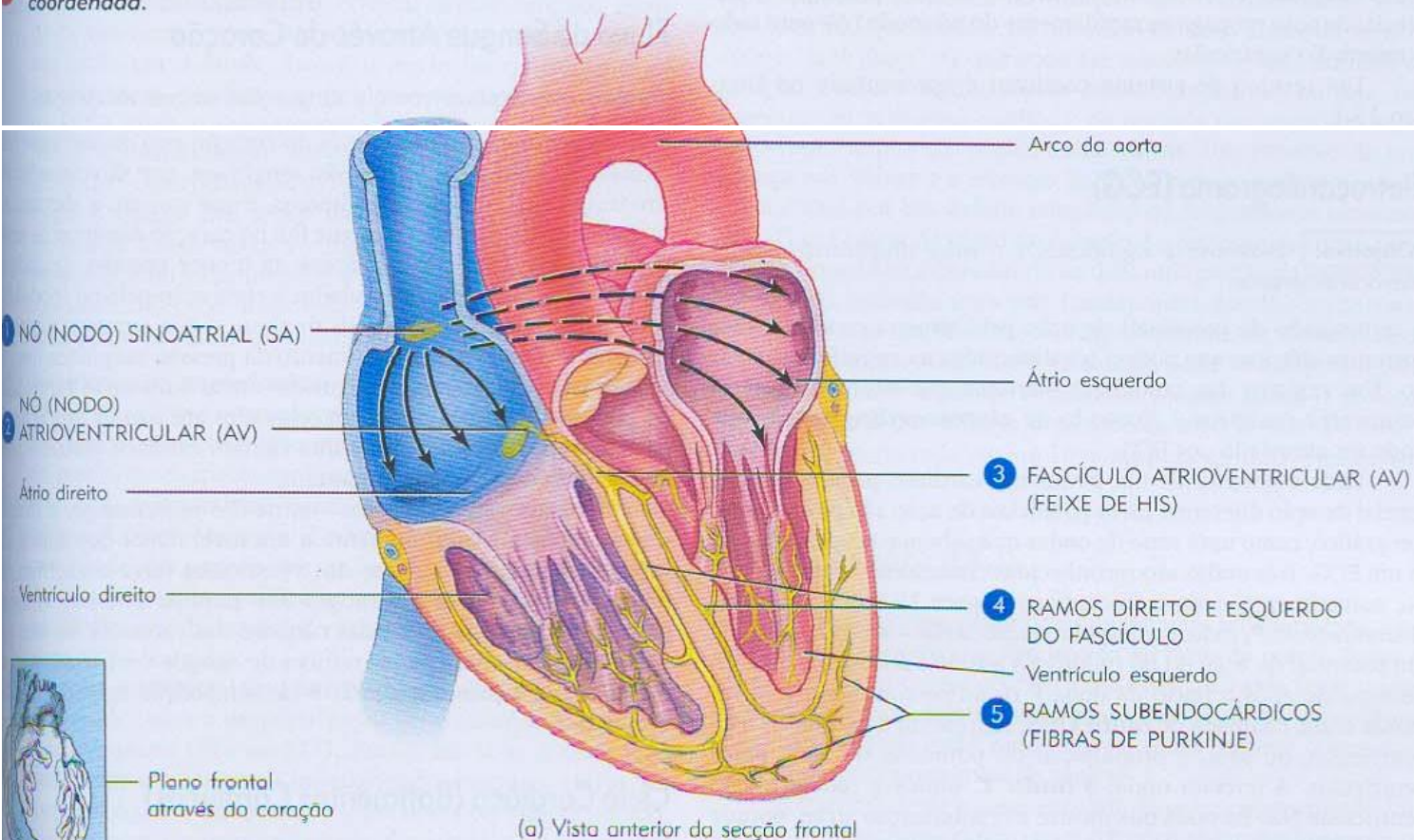
O coração é inervado pelo sistema nervoso autônomo (SNA; veja o Capítulo 11), que aumenta ou diminui a freqüência de batimentos, mas não inicia a contração. O coração pode continuar batendo sem qualquer estímulo direto do sistema nervoso porque tem um sistema intrínseco de regulação chamado de ***sistema condutor*** *(de condução)*. O sistema condutor é composto de tecido muscular especializado que gera e distribui potenciais de ação, que estimulam a contração das fibras musculares cardíacas. Todos os músculos cardíacos são capazes de ***auto-excitação***; isto é, gerar, espontânea e ritmicamente, potenciais de ação que resultam na contração do músculo. Os componentes do sistema condutor são o nó (nodo) sinoatrial, nó (nodo) atrioventricular, fascículo atrioventricular, ramos direito e esquerdo e ramos subendocárdicos. O ***nó*** *(nodo)* ***sinoatrial*** (SA) está localizado na parede do átrio direito logo abaixo do óstio da veia cava superior (Figura 15.6a). O nó (nodo) SA inicia cada batimento e, assim, marca o ritmo básico para a freqüência cardíaca. Por esta razão, é chamado de "marca-passo". A freqüência normal de auto-excitação no nó (nodo) SA é de 75 vezes por minuto em adultos em repouso. Como o nó (nodo) SA gera potenciais de ação espontaneamente muito mais rápido que qualquer outro componente do sistema condutor, os impulsos nervosos do nó (nodo) SA espalham-se para as demais áreas e as estimulam com tal freqüência que elas não conseguem gerar potenciais de ação com suas próprias freqüências inerentes. Assim, o nó (nodo) SA marca o ritmo do restante do coração. Este ritmo pode ser alterado por diversos fatores.

Quando um potencial de ação é iniciado pelo nó (nodo) SA ele se espalha por ambos os átrios, fazendo com que sofram con-

gura 15.6 Sistema condutor (de condução) do coração. As setas em (a) indicam o fluxo os impulsos no átrio. Lembre-se de que no Capítulo 9 um milivolt (mV) é igual a um milésimo de um volt; uma pilha de 1,5 volts faz funcionar uma lanterna comum.

O sistema condutor assegura que as câmaras cardíacas contraiam-se de maneira coordenada.

(a) Vista anterior da secção frontal

(b) Eletrocardiograma normal de um único batimento cardíaco

Qual o componente do sistema condutor que fornece a única conexão elétrica entre os átrios e os ventrículos?

...ção e despolarizando o ***nó** (nodo)* ***atrioventricular*** (AV). O (nodo) AV localiza-se no septo interatrial. O potencial de ação ...paga-se rapidamente do nó (nodo) SA, através dos átrios, até o (nodo) AV. No nó (nodo) AV, o potencial de ação desacelera ...sideravelmente. Isto dá tempo aos átrios de transferir seu conteúdo sangüíneo aos ventrículos e terminar sua contração antes que os ventrículos comecem a sua.

Do nó (nodo) AV, o potencial de ação passa a um feixe de fibras condutoras na parte superior do septo interventricular chamado de ***fascículo atrioventricular*** (AV) ou ***feixe de His***.

Deste ponto, o potencial de ação passa em direção ao ápice do coração através dos ***ramos direito*** e ***esquerdo do fascículo*** no septo interventricular. A contração dos ventrículos é estimulada pelos ***ramos subendocárdicos*** (*fibras de Purkinje*) que emergem dos ramos do fascículo e distribuem o potencial de ação para todas as células do miocárdio ventricular ao mesmo tempo. O potencial de ação propaga-se rapidamente do nó (nodo) AV para todo o miocárdio ventricular.

Um resumo do sistema condutor é apresentado no Quadro 15.1.

Eletrocardiograma (ECG)

Objetivo: *Descrever o significado e o valor diagnóstico de um eletrocardiograma.*

A transmissão de potenciais de ação pelo sistema condutor gera correntes elétricas que podem ser detectadas na superfície do corpo. Um registro das mudanças elétricas que acompanham os batimentos cardíacos é chamado de ***eletrocardiograma***, que pode ser abreviado por ECG.

Cada segmento de um batimento cardíaco produz um potencial de ação diferente. Estes potenciais de ação são plotados em um gráfico, como uma série de ondas que sobem e descem, durante um ECG. Três ondas são reconhecidas claramente acompanhando, normalmente, cada ciclo cardíaco (Figura 15.6b). A primeira, chamada *onda P*, indica a despolarização atrial – a propagação de um potencial de ação do nó (nodo) SA aos dois átrios. Uma fração de segundo após o início da onda P, os átrios contraem-se. A segunda onda, chamada de ***onda QRS***, representa a despolarização ventricular, ou seja, a propagação do potencial de ação pelos ventrículos. A terceira onda, a ***onda T***, indica a repolarização ventricular. Não há onda que mostre a repolarização atrial, porque a onda QRS é muito forte e mascara este evento.

Variações no tamanho e na duração das ondas de deflexão no ECG são úteis no diagnóstico de ritmos cardíacos e padrões de condução anormais, bem como para monitorizar a recuperação de um ataque cardíaco. Também pode detectar a presença de vida fetal.

Problemas sérios no sistema condutor podem causar um r
mo anormal. O ritmo cardíaco normal pode ser restaurado e m
tido com um ***marca-passo artificial***, um aparelho que em
pequenas cargas elétricas ao átrio direito, o ventrículo direito, o
a ambos, para estimular o coração.

Fluxo de Sangue Através do Coração

Objetivo: *Explicar como o sangue flui através do coração.*

O movimento de sangue através do coração está diretamente rel
cionado às mudanças na pressão sangüínea, que são causadas p
mudanças no tamanho das câmaras, e que causam a abertura e
fechamento das valvas. O sangue flui no coração das áreas de mai
pressão sangüínea para as áreas de menor pressão. Quando a
paredes dos átrios são estimuladas à contração pelo nó (nodo) SA
o tamanho das câmaras atriais diminui, o que aumenta a press
do sangue dentro delas. O aumento da pressão sangüínea força
valvas AV a se abrirem e o sangue dos átrios flui para os ventrícul
As paredes ventriculares ficam relaxadas até que os átrios term
nem sua contração. Quando uma câmara cardíaca relaxa, a pr
são sangüínea dentro dela diminui.

Quando as paredes dos ventrículos contraem-se, a press
do sangue ventricular aumenta a um nível maior que aquele na
artérias; por isso, o sangue dos ventrículos força a abertura d
válvulas semilunares e o sangue flui para as artérias. També
simultaneamente, a forma das cúspides das valvas AV faz com q
elas se fechem, para evitar refluxo de sangue ventricular para
átrios, onde a pressão, agora, é menor porque as paredes est
relaxadas.

Ciclo Cardíaco (Batimentos Cardíacos)

Objetivo: *Descrever as fases de um ciclo cardíaco (batimentos cardíacos).*

O termo ***sístole*** refere-se à fase de contração de uma câmara d
coração; ***diástole*** é a fase de relaxamento.

Quadro 15.1 Resumo das Estruturas do Sistema Condutor, suas Localizações e Funções

ESTRUTURA	LOCALIZAÇÃO	FUNÇÃO
Nó (nodo) sinoatrial (SA)	Parede do átrio direito	Inicia cada batimento cardíaco e marca o ritmo básico para a freqüência cardíaca. Envia potenciais de ação a ambos os átrios, causando sua contração.
Nó (nodo) atrioventricular (AV)	Septo interatrial	Recebe o potencial de ação do nó (nodo) SA e o transfere ao fascículo atrioventricular (AV).
Fascículo atrioventricular (AV) (feixe de His)	Parte superior do septo interventricular	Recebe o potencial de ação do nó (nodo) AV e o transfere aos ramos do fascículo.
Ramos do fascículo	Septo interventricular	Recebe o potencial de ação e o transfere aos ramos subendocárdicos.
Ramos subendocárdicos (fibras de Purkinje)	Miocárdio ventricular	Recebe o potencial de ação dos ramos do fascículo e o distribui às células do miocárdio ventricular.

Fases

Para o propósito de nossa discussão, dividiremos o *ciclo cardíaco* nas seguintes fases (à medida que você estiver lendo as descrições, use a Figura 15.7 como referência):

1. **Período de relaxamento.** Ao final do ciclo cardíaco, quando os ventrículos começam a relaxar, todas as quatro câmaras estão em diástole. Isto é o início do *relaxamento*. A repolarização das fibras musculares ventriculares (onda T no ECG) inicia o relaxamento. À medida que o ventrículo relaxa, a pressão dentro das câmaras cai, e o sangue começa a fluir do tronco pulmonar e da aorta de volta aos ventrículos. Como o sangue fica retido nas válvulas semilunares, estas fecham-se. Enquanto os ventrículos continuam relaxados, o espaço interno expande-se e a pressão cai. Quando a pressão ventricular cai abaixo da pressão atrial, as valvas AV abrem-se e os ventrículos começam a encher.
2. **Enchimento ventricular.** A maior parte do enchimento ventricular (75%) ocorre logo após a abertura das valvas AV. Isto ocorre sem contração atrial. O estímulo do nó (nodo) SA resulta em despolarização atrial, que aparece como a onda P no ECG, que também marca o final do período de relaxamento. A contração atrial é responsável pelos 25% de sangue que faltam para encher os ventrículos. Durante o período de enchimento ventricular, as valvas AV estão abertas e as válvulas semilunares das valvas do tronco pulmonar e da aorta estão fechadas.
3. **Sístole ventricular (contração).** O estímulo do nó (nodo) AV causa a despolarização ventricular, representada pelo complexo QRS no ECG. Então, inicia-se a contração ventricular e o sangue é impulsionado contra as valvas AV, forçando o seu fechamento. Por um breve período de tempo, todas as quatro valvas se fecham. À medida que a contração ventricular continua, a pressão dentro das câmaras aumenta drasticamente. Quando a pressão ventricular esquerda fica acima da pressão nas artérias, as válvulas semilunares abrem-se e começa a ejeção de sangue do coração. Isto dura até que os ventrículos comecem a relaxar. Então, as válvulas semilunares fecham e inicia-se um novo período de relaxamento.

Duração

Se a freqüência cardíaca é, na média, de 75 batimentos por minuto, cada ciclo cardíaco necessita de aproximadamente 0,8 segundo. Em um ciclo completo, os átrios estão em sístole durante 0,1 segundo e, em diástole, durante 0,7 segundo. Os ventrículos estão em sístole durante 0,3 segundo e, em diástole, durante 0,5 segundo. O último 0,4 segundo do ciclo é o *período de relaxamento* e todas as câmaras estão em diástole. Quando o coração bate mais rápido que o normal, o período de relaxamento diminui proporcionalmente.

Sons

O som dos batimentos cardíacos origina-se principalmente da turbulência no fluxo de sangue criada pelo fechamento das valvas, e não da contração do músculo cardíaco. O primeiro som (S1), *"lubb"*, é um som longo, um som de batida, do fechamento das valvas AV após o início da sístole ventricular. O segundo som (S2), *"dupp"*, é das válvulas semilunares fechando-se ao final da sístole ventricular. Há uma pausa entre os ciclos. Assim, o ciclo cardíaco é ouvido como *"lubb-dupp"*, pausa; *"lubb-dupp"*, pausa; *"lubb-dupp"*, pausa.

Os sons do coração fornecem informações valiosas sobre o funcionamento mecânico do coração. Um *"sopro cardíaco"* é um som anormal que consiste de um ruído de fluxo antes, durante ou após o *"lubb-dupp"* ou que pode até mascarar os sons normais do coração. Embora alguns sopros sejam "inocentes", ou seja, não sugerem um problema cardíaco, na maioria das vezes um sopro no coração indica um problema de valvas. Um exemplo de uma doença nas valvas é a *estenose da valva mitral* (estreitamento da valva mitral por um defeito congênito ou formação de uma cicatriz). Outra causa de sopro no coração é o *prolapso da valva mitral (PVM)*, uma doença hereditária na qual uma porção da valva mitral forma uma projeção para trás (prolapsada) durante a contração ventricular e as cúspides não fecham corretamente. Como resultado, uma pequena quantidade de sangue pode refluir para o átrio esquerdo durante a sístole ventricular. Mesmo assim, o prolapso de valva mitral não oferece uma ameaça séria à vida. De fato, a condição é encontrada em até 10% das pessoas ditas jovens e saudáveis.

Débito Cardíaco (DC)

Mesmo que o coração possa bater de maneira independente, ele é regulado por eventos que acontecem no resto do corpo. Todas as células do corpo devem receber uma certa quantidade de sangue oxigenado a cada minuto para manterem-se vivas e saudáveis. Quando as células estão muito ativas, como durante o exercício, elas necessitam ainda mais de sangue.

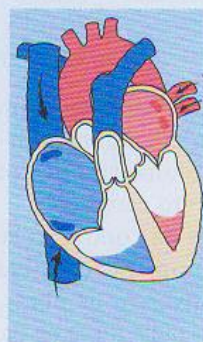
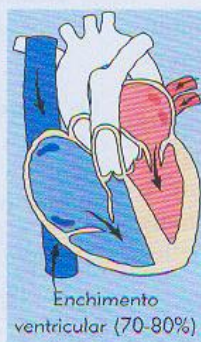
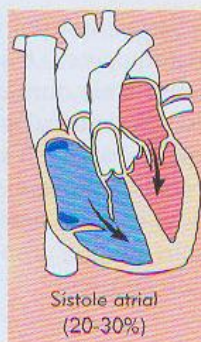
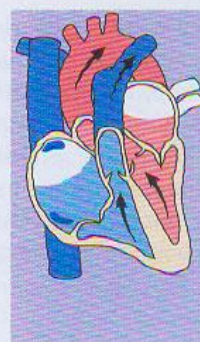
A quantidade de sangue expelida do ventrículo esquerdo para a aorta (ou ventrículo direito para o tronco pulmonar) por minuto é chamada de *débito cardíaco (DC)*. O débito cardíaco é determinado: (1) pela quantidade de sangue bombeada pelo ventrículo esquerdo (ou direito) durante cada batimento e (2) pelo número de batimentos cardíacos por minuto. A quantidade de sangue expelida por um ventrículo a cada contração é chamada de *volume sistólico (VS)*. Em um adulto em repouso, o volume sistólico é, em média, de 70 ml e a freqüência cardíaca é em torno de 75 batimentos por minuto. Assim, o débito cardíaco médio em um adulto em repouso é

Débito cardíaco = volume sistólico x batimentos por minuto
= 70 ml x 75 bat/min
= 5.250 ml/min ou 5,25 litros/min

Os fatores que fazem aumentar o volume sistólico ou a freqüência cardíaca tendem a aumentar o débito cardíaco. Os fatores que diminuem o volume sistólico ou a freqüência cardíaca tendem a diminuir o débito cardíaco.

A força da contração ventricular é parcialmente determinada pelo comprimento das fibras musculares cardíacas. Quanto mais esticadas estiverem as fibras, pelo enchimento da cavidade com sangue, com mais força as paredes contraem-se para ejetar o sangue. Esta relação é chamada de *Lei de Starling*. A situação é semelhante ao estiramento de uma fita de borracha; quanto mais ela é esticada, mais fortemente ela se contrai. A lei de Starling é importante na manutenção da saída de volumes iguais de sangue de ambos os ventrículos.

Figura 15.7 Ciclo cardíaco. (a) ECG. (b) Mudanças de pressão na aorta, no ventrículo esquerdo e no átrio esquerdo com a abertura e o fechamento das valvas. (c) Mudanças no volume do ventrículo esquerdo. (d) Sons cardíacos. (e) Fases do ciclo cardíaco.

Um ciclo cardíaco é composto de todos os eventos associados a um batimento cardíaco.

Qual o termo utilizado para a fase de contração? E de relaxamento?

Freqüência Cardíaca

Objetivo: *Identificar os fatores que afetam a freqüência cardíaca.*

O débito cardíaco depende tanto da freqüência cardíaca quanto do volume sistólico. Na verdade, a mudança na freqüência cardíaca é o mecanismo principal do corpo, a curto prazo, para controle do débito cardíaco e da pressão sangüínea. O nó (nodo) sinoatrial (SA), que inicia a contração, estabeleceria, se deixado por si mesmo, uma freqüência cardíaca invariável. Entretanto, as necessidades sangüíneas do corpo variam sob diferentes condições, de maneira que existem vários mecanismos regulatórios. Estes são estimulados por fatores tais como as substâncias químicas existentes no corpo, a temperatura, o estado emocional e a idade.

Em certos estados patológicos, o volume sistólico pode baixar a níveis perigosos. Se o miocárdio ventricular está fraco ou danificado por um infarto, não tem capacidade de se contrair com força; ou o volume de sangue pode estar reduzido por sangramento excessivo, fazendo com que o volume sistólico diminua porque as fibras cardíacas não estão suficientemente esticadas. Nestes casos, o corpo tenta manter um débito cardíaco seguro por meio do aumento da freqüência e da força das contrações.

A freqüência cardíaca é regulada por diversos fatores, mas o controle mais importante da freqüência e da força das contrações é o sistema nervoso autônomo.

Controle Autônomo

Dentro da medula oblonga (bulbo) está um grupo de neurônios chamado de *centro cardiovascular*. Partindo deste centro, estão fibras simpáticas que fazem um trajeto na medula espinhal e então passam para fora dela, aos ***nervos aceleradores cardíacos*** que inervam o sistema condutor, os átrios e os ventrículos (Figura 15.8). Quando esta parte do centro cardiovascular é estimulada, os impulsos nervosos são conduzidos ao longo das fibras simpáticas. Isto as faz liberar norepinefrina (noradrenalina), que aumenta a freqüência dos batimentos e a força das contrações.

Também se originando do centro cardiovascular, as fibras parassimpáticas chegam ao coração via ***nervo vago*** (*X*). Quando esta parte do centro cardiovascular é estimulada, os impulsos nervosos são transmitidos pelas fibras parassimpáticas ao sistema condutor e aos átrios, que causam a liberação de acetilcolina (ACh). Isto diminui a freqüência dos batimentos cardíacos e a força das contrações pela desaceleração dos nós (nodos) SA e AV.

O controle autônomo do coração é, então, o resultado de influências simpáticas (estimulatórias) e parassimpáticas (inibitórias), opostas. Os receptores no sistema cardiovascular circulatório informam o centro cardiovascular de maneira que se mantenha um equilíbrio entre estimulação e inibição. Por exemplo, os ***barorreceptores***, neurônios sensíveis à mudança de pressão no sangue, estão localizados estrategicamente no arco da aorta, artérias carótidas internas (artérias do pescoço que irrigam o cérebro) e no átrio direito. Se há um aumento na pressão do sangue, os barorreceptores enviam impulsos pelo nervo glossofaríngeo (IX) que estimulam o centro ***cardioinibitório*** e inibem o centro cardiovascular (Figura 15.8). O centro cardiovascular responde enviando mais impulsos parassimpáticos, pelo nervo vago (X), ao coração. A diminuição resultante na frequência cardíaca e na força das contrações diminui o débito cardíaco, assim baixando a pressão sangüínea. Além disso, o centro cardiovascular diminui a quantidade de impulsos simpáticos ao longo dos nervos que normalmente causam vasoconstrição. O resultado é vasodilatação, que também diminui a pressão sangüínea para níveis normais.

Se, por outro lado, a pressão cair, os barorreceptores não estimulam o centro cardiovascular. Como resultado, a freqüência cardíaca e a força das contrações aumentam, o débito cardíaco aumenta, ocorre vasoconstrição e a pressão aumenta até níveis normais (Figura 15.9).

Substâncias Químicas

Certas substâncias químicas no corpo afetam a freqüência cardíaca. Por exemplo, a epinefrina (adrenalina), produzida pela medula supra-renal em resposta à estimulação simpática, aumenta a excitabilidade do nó (nodo) SA, que, por sua vez, aumenta a freqüência cardíaca e a força das contrações. Níveis elevados de potássio (K^+) ou sódio (Na^+) diminuem a freqüência cardíaca e a força das contrações. O potássio em excesso aparentemente interfere com a geração de impulsos nervosos e Na^+ em excesso interfere com a participação do cálcio (Ca^{2+}) na contração muscular. Um excesso de cálcio aumenta a freqüência cardíaca e a força das contrações.

Quando as demandas de oxigênio do corpo estão baixas, a freqüência cardíaca diminui. Em resposta a demandas aumentadas de oxigênio, a freqüência cardíaca aumenta.

Temperatura

O aumento da temperatura corporal, por febre ou exercício extenuante, por exemplo, faz com que o nó (nodo) AV descarregue impulsos com maior rapidez e aumente a freqüência cardíaca. A diminuição da temperatura corporal, por exposição ao frio ou por esfriamento deliberado do corpo antes de uma cirurgia, diminui a freqüência cardíaca e a força das contrações.

Emoções

Emoções fortes como o medo, a raiva e a ansiedade juntamente com uma grande quantidade de elementos de estresse fisiológico, aumentam a freqüência cardíaca por meio da síndrome de adaptação geral (veja a Figura 13.19). Estados mentais, tais como a depressão e o luto, tendem a estimular o centro cardioinibitório e diminuir a freqüência cardíaca.

Sexo e Idade

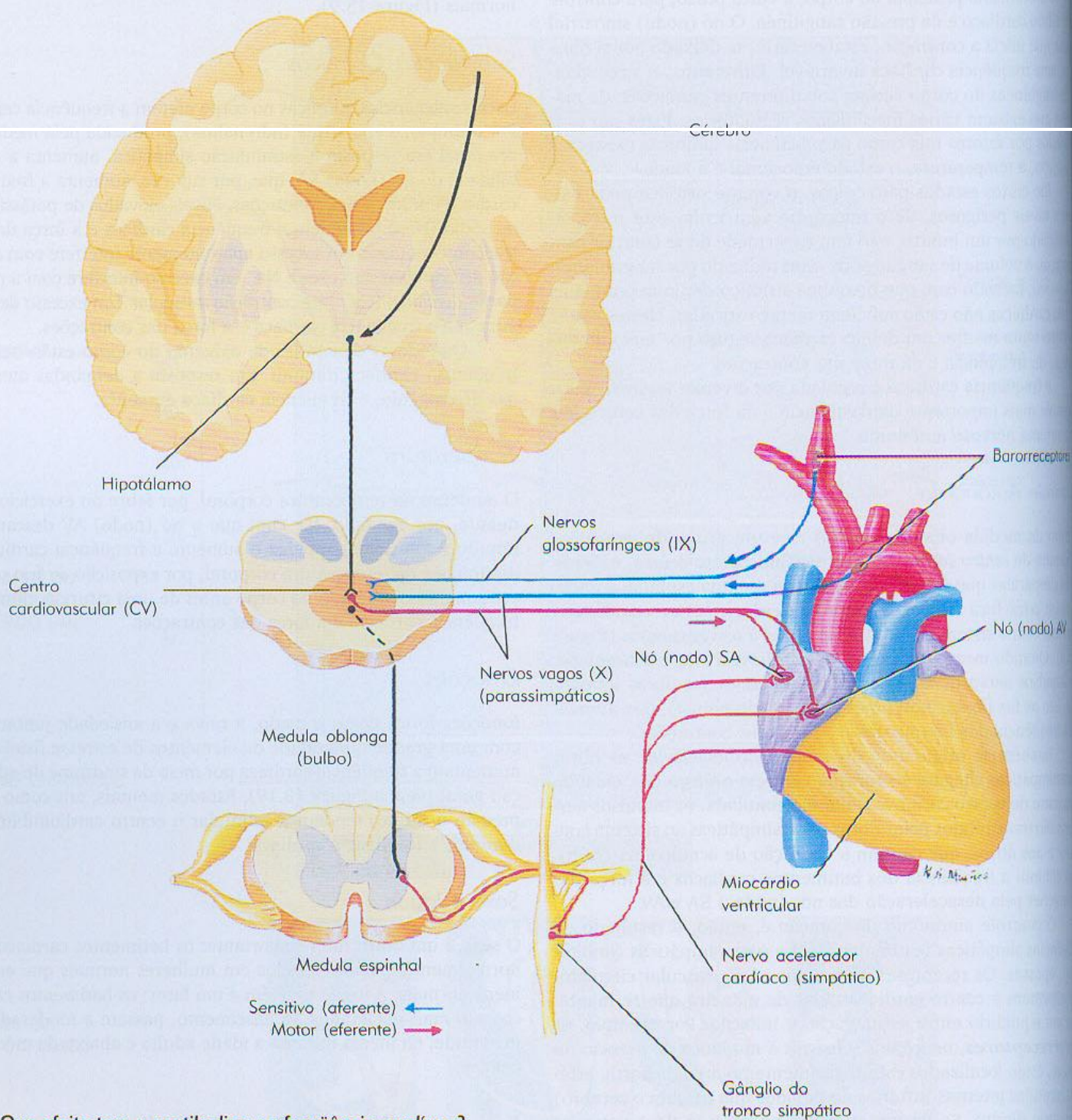
O sexo é um outro fator importante: os batimentos cardíacos são normalmente mais acelerados em mulheres normais que em homens normais. A idade também é um fator: os batimentos cardíacos são mais acelerados ao nascimento, passam a moderados na juventude, na média durante a idade adulta e abaixo da média na velhice.

Fatores de Risco na Doença Cardíaca

Objetivo: *Listar e explicar os fatores de risco envolvidos na doença cardíaca.*

Mais ou menos 1,5 milhão de pessoas sofrem infarto do miocárdio todos os anos nos Estados Unidos e, destes, mais de 500 mil morrem repentinamente, antes de chegar ao hospital. Entretanto, a prevalência de doença cardíaca tem diminuído nos últimos anos,

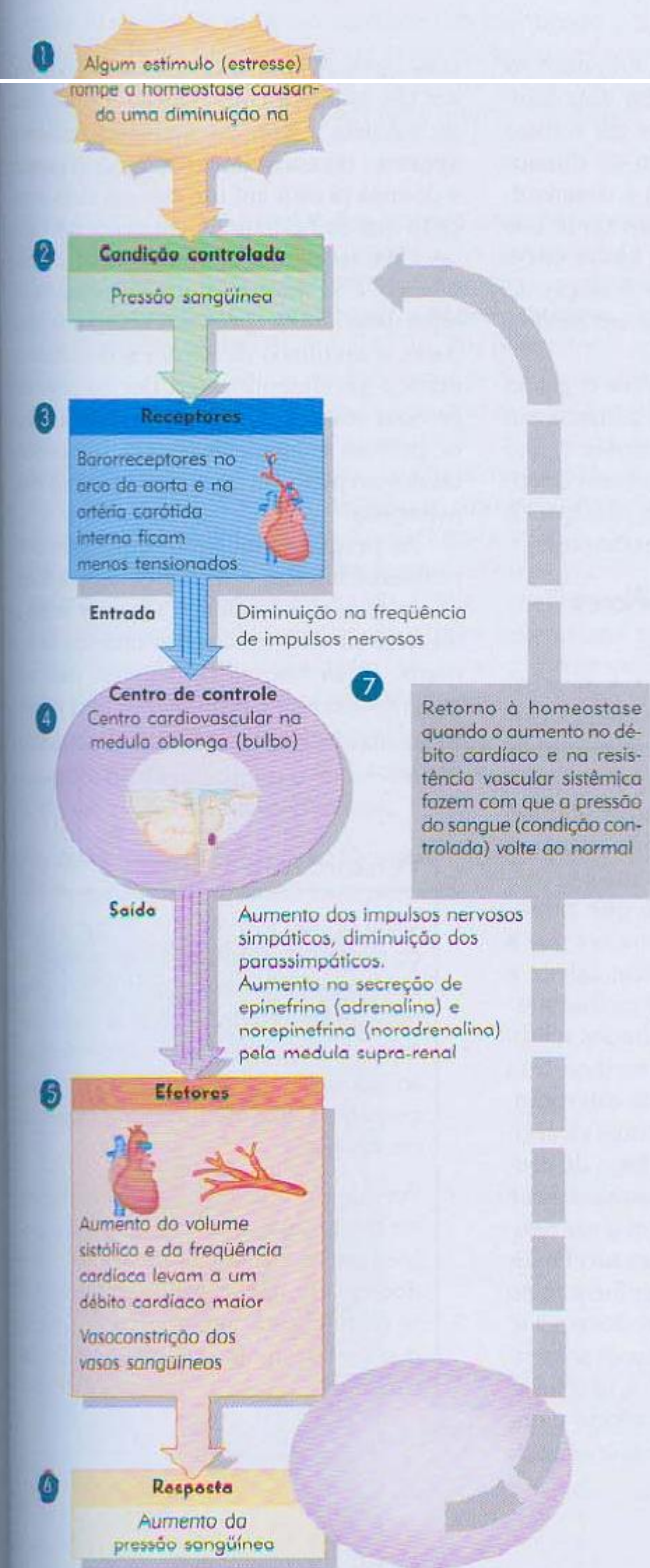
Figura 15.8 Regulação da freqüência cardíaca pelo sistema nervoso autônomo.

O centro cardiovascular, na medula oblonga (bulbo), controla tanto os nervos simpáticos quanto os parassimpáticos que inervam o coração.

P *Que efeito tem a acetilcolina na freqüência cardíaca?*

devido, em parte, às mudanças de estilo de vida. Algumas das causas das doenças cardíacas podem ser previstas e evitadas. As pessoas que desenvolvem certas combinações de fatores de risco têm maior probabilidade de ter ataques cardíacos. *Fatores de risco* são características, sintomas ou sinais presentes em uma pessoa livre de doença e que estão estatisticamente associados com a chance aumentada de desenvolver uma doença. Os principais fatores de risco para doenças do coração são:

1. Alto nível de colesterol no sangue.
2. Pressão alta.

Figura 15.9 Controle por retroalimentação negativa da pressão sangüínea envolvento barorreceptores.

O sangue é um tecido conjuntivo que consiste de plasma (líquido) mais elementos figurados (eritrócitos, leucócitos e plaquetas).

A vasodilatação ou a vasoconstrição fazem com que a pressão sangüínea diminua?

3. Fumo.
4. Obesidade.
5. Falta de exercício regular.
6. Diabete melito.
7. Predisposição genética (história familiar de doença cardíaca em idade jovem).
8. Sexo masculino (após os 70 anos, o risco é semelhante em homens e mulheres).

Os primeiros cinco fatores de risco podem ser todos modificados para reduzir o risco: por exemplo, perder peso, tornar-se mais ativo fisicamente ou parar de fumar. O colesterol alto será discutido logo adiante e a pressão alta será tratada no capítulo seguinte. A nicotina do cigarro entra na corrente sangüínea e causa contração dos pequenos vasos sangüíneos. Também estimula a glândula supra-renal a secretar epinefrina (adrenalina) e norepinefrina (noradrenalina) em excesso, o que eleva a freqüência cardíaca e a pressão sangüínea. As pessoas obesas desenvolvem capilares extras para nutrir o tecido adiposo. O coração tem de trabalhar mais para bombear sangue para mais vasos.

Sem exercício, o retorno do sangue ao coração é menos auxiliado pela contração dos músculos estriados esqueléticos. Além disso, exercícios regulares fortalecem a musculatura lisa dos vasos sangüíneos e os permite auxiliar a circulação. O exercício também aumenta a eficiência e o débito cardíaco. Isto é melhor obtido pelos exercícios aeróbicos, qualquer atividade – caminhadas rápidas, corrida e natação – que trabalhe músculos grandes por, ao menos, 20 minutos. Três sessões de 20 minutos de aeróbica por semana, parecem ser suficientes para manter a eficiência cardiovascular básica. Um atleta bem-treinado pode ter, durante atividade, um débito cardíaco até 6 vezes maior que o de uma pessoa sedentária porque o treinamento causa aumento do coração. A freqüência cardíaca de um atleta treinado é em torno de 40 a 60 batimentos por minuto. Outros benefícios do condicionamento físico são um aumento da lipoproteína de alta densidade ("colesterol bom"), uma diminuição nos níveis de triglicerídios (gorduras) e melhor funcionamento dos pulmões. O exercício também ajuda a reduzir a pressão, a ansiedade e a depressão; controla o peso; e aumenta a habilidade do corpo de dissolver coágulos.

No diabete melito, a degradação das gorduras domina a degradação da glicose. Como resultado, os níveis de colesterol tornam-se progressivamente mais altos e resultam em massas de gordura nos vasos sangüíneos, uma situação que pode levar à pressão alta. A pressão alta comprime a gordura contra a parede do vaso, colaborando para a presença de mais gordura e para a formação de coágulos.

Até a idade de 70 anos, há uma diferença de 10 a 15 anos no desenvolvimento de doença cardíaca em homens e mulheres; após, as taxas de doença em ambos os sexos são semelhantes. Esta incidência menor em mulheres é causada pelos estrógenos secretados até a menopausa e pela terapia de reposição de estrógenos após a menopausa. Independente do sexo, a incidência de doença cardíaca aumenta com a idade.

Outros fatores também podem contribuir com o desenvolvimento de doença cardíaca. Alcoolismo (danifica a musculatura cardíaca e esquelética), altos níveis sangüíneos de fibrinogênio (que promove a formação de coágulos) e de renina (que aumenta a pressão sangüínea), todos aumentam o risco de ataque cardíaco.

foco no bem-estar

Doença Cardíaca: Um Caso de Saúde Feminina

Responda a seguinte pergunta: Que doença mata mais mulheres na América do Norte? A resposta certa é *doença cardíaca*. As doenças cardiovasculares (doenças do coração e dos vasos sangüíneos, incluindo ataque cardíaco e derrame) são a maior causa de morte tanto para mulheres quanto para homens. A cada ano, 2,5 milhões de mulheres são hospitalizadas, e 500.000 morrem de doença cardiovascular.

Se você respondeu *câncer de mama*, você não está sozinho. Muitas pessoas têm a impressão de que o câncer de mama é o líder em causa de morte em mulheres, porque a incidência de câncer de mama aumentou drasticamente nos últimos 20 anos. Mas, de cada 2.000 mulheres na pós-menopausa, nos Estados Unidos, 20 mulheres sofrerão de doença cardíaca e 12 morrerão dela a cada ano. Em comparação, somente seis mulheres serão diagnosticadas com câncer de mama e duas morrerão por isso.

Doença Cardíaca: Uma Exterminadora sem Preconceito Sexual

Até recentemente, a maior parte das pesquisas em prevenção e tratamento de doença cardiovascular enfocava principalmente os homens, o que fez com que muito das idéias que temos a respeito da doença tenha evoluído de um modelo masculino. Por sorte, o foco das pesquisas tem-se ampliado e muitos estudos, hoje, incluem mulheres, bem como homens e mulheres de grupos antes sub-representados. Mas muitas pessoas ainda acreditam que a doença cardíaca é algo que só acontece a homens, não a mulheres. Estas crenças tem implicações tanto na prevenção quanto no tratamento da doença cardiovascular em mulheres.

E de onde surgiram estas crenças? As mulheres jovens realmente têm uma vantagem sobre os homens jovens em termos de risco para desenvolvimento de doença cardíaca. As mulheres tendem a desenvolver doença arterial 10 anos mais tarde que os homens. Em homens com idade entre 25 e 64 anos, a incidência de doenças do coração é duas vezes maior que em mulheres da mesma faixa de idade.

Mas, a vantagem acaba. Para o grupo com idade superior a 70 anos, as taxas em mulheres e homens são semelhantes. O que é pior, as mulheres que desenvolvem doença arterial têm um prognóstico pior que os homens com diagnósticos semelhantes.

Por que os Prognósticos São Piores para as Mulheres?

Muitas razões têm sido propostas para explicar porque as mulheres com doença cardíaca não se recuperam tão bem quanto os homens, mas é necessário pesquisar muito mais antes de se poder chegar a alguma conclusão. Algumas evidências sugerem que os médicos indicam muito mais procedimentos cirúrgicos a homens que a mulheres (outros sugerem que, uma vez que a cirurgia nem sempre é benéfica, talvez a assistência às mulheres seja até melhor neste sentido!). Enquanto os resultados médicos e cirúrgicos para mulheres melhoraram nos últimos anos, ainda há uma diferença, talvez pelo fato de os instrumentos cirúrgicos, as técnicas e as terapias à base de drogas terem sido desenvolvidos para corpos e artérias masculinas, que tendem a ser maiores que os das mulheres. Em um nível mais fundamental, entretanto, as mulheres não são educadas a respeito destas doenças e, por isso, tendem a não reconhecer seus sinais de aviso. A família tende a não levar tão a sério as queixas de desconforto e dor no peito da mamãe, quanto levaria as mesmas queixas vindas do papai; e pode não ser tão enfática com relação a uma visita ao médico. Assim, as mulheres tendem a aparecer no consultório do médico quando a doença já está em um estágio mais avançado que os homens. Além disso, um estilo de vida sedentário pode retardar o diagnóstico, e as mulheres que têm mais de 65 anos têm maior probabilidade que seus pares masculinos de serem sedentárias. O esforço geralmente causa dor no peito em pessoas com circulação coronária deficiente; pessoas sedentárias podem não apresentar dor no peito até que a doença esteja mais avançada.

As pesquisas mostram que, quando as mulheres iniciam o tratamento para doença arterial, elas tendem a ser mais velhas e ter mais problemas coexistentes que os homens. Estes fatores contribuem para um prognóstico pior nas mulheres, uma vez feito o diagnóstico e o tratamento da doença cardíaca.

Pensamento Crítico

Uma amiga sua diz que, já que a doença cardíaca ocorre em mulheres principalmente após a menopausa, as mulheres não devem preocupar-se com os fatores de risco até chegarem à menopausa. Quando as mulheres devem começar a preocupar-se em controlar os fatores de risco?

Por que o cardiologista pode resolver tratar pacientes que apresentam outros problemas de saúde, coexistentes com a doença cardíaca, menos agressivamente (com menos intervenções cirúrgicas) que um paciente que esteja melhor de saúde?

Doenças Comuns

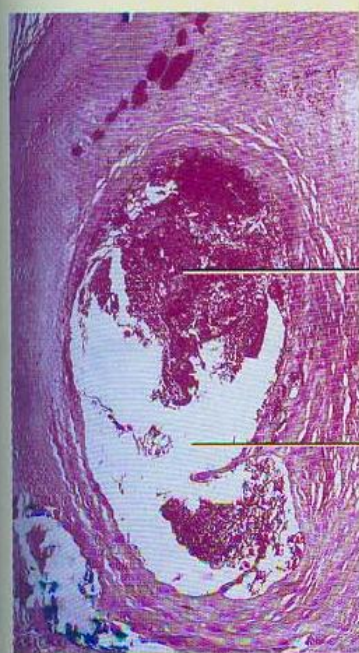
Doença Arterial Coronariana (DAC)

A *doença arterial coronariana (DAC)* envolve as condições que causam o estreitamento das artérias coronárias de maneira que ocorre uma redução no fluxo de sangue ao coração. Isto resulta em *doença cardíaca coronariana (DAC)*, uma condição na qual o músculo cardíaco fica danificado por receber quantidades inadequadas de sangue. As causas principais da doença arterial coronariana são aterosclerose, espasmo arterial coronariano e coágulo em uma artéria coronária.

Aterosclerose

O espessamento das paredes das artérias e sua perda de elasticidade são as principais características de um grupo de doenças chamado de ***arteriosclerose*** (*sclerosis* = endurecimento). Uma forma de arteriosclerose é a **aterosclerose**, um processo no qual as células do músculo liso das paredes das artérias proliferam-se e susbtâncias gordurosas, especialmente colesterol e triglicerídios (gordura ingerida pela dieta), são depositadas nas paredes das artérias em resposta a certos estímulos. As substâncias gordurosas, colesterol e fibras musculares lisas formam uma massa chamada de ***placa aterosclerótica***, que obstrui o fluxo sangüíneo nos vasos (Figura 15.10). Os fatores que contribuem para a aterosclerose incluem pressão alta, monóxido de carbono no cigarro, diabete melito e nível de colesterol alto. Acredita-se que uma dieta vegetariana e exercícios leves podem, não apenas, parar a progressão da aterosclerose, mas até reverter o processo.

Figura 15.10 Microfotografia de uma artéria parcialmente obstruída por uma placa aterosclerótica.

Aterosclerose é uma forma de arteriosclerose (espessamento das paredes arteriais com perda de elasticidade).

Que substâncias fazem parte de uma placa aterosclerótica?

As opções de tratamento da doença arterial coronariana incluem drogas (nitroglicerina, beta-bloqueadores e agentes que dissolvem coágulos) e vários procedimentos cirúrgicos e não-cirúrgicos que fazem aumentar o fornecimento de sangue ao coração.

A ponte de enxerto nas artérias coronárias é um procedimento cirúrgico no qual um vaso sangüíneo de outra região do corpo (por exemplo, a veia safena magna do membro inferior) é enxertado para fazer uma ponte sobre a região bloqueada de uma artéria coronária. A porção enxertada do vaso é suturada entre a aorta e a porção não-bloqueada da artéria coronária.

Um procedimento não-cirúrgico utilizado para tratar a doença arterial coronariana é chamado de ***angioplastia coronária transluminal percutânea*** (*percutaneus* = através da pele; *trans* = através; *lumen* = luz, canal interno de um tubo; *angio* = vaso sangüíneo; *plasty* = moldar ou dar forma). Neste procedimento, um cateter (tubo plástico) com um balão na extremidade é introduzido em uma artéria do membro superior ou do membro inferior e delicadamente guiado até uma artéria coronária. Então, enquanto se libera um corante, faz-se angiogramas (raios X de vasos sangüíneos) para identificar as placas. No próximo passo, avança-se o cateter até o ponto da obstrução e o balão é inflado com ar, pressionando a placa contra a parede do vaso.

Espasmo Arterial Coronariano

A aterosclerose resulta na obstrução do fluxo sangüíneo. Tal obstrução também pode ser causada por um ***espasmo coronário***, no qual a musculatura lisa de uma artéria coronária sofre uma contração repentina, resultando em vasoconstrição. Este espasmo ocorre tipicamente em indivíduos com aterosclerose e pode resultar em dor no peito, ataques cardíacos e morte súbita. Os fatores correlacionados ao espasmo incluem fumo, estresse e uma substância química vasoconstritora liberada pelas plaquetas.

Defeitos Congênitos

Um defeito que existe no momento do nascimento é chamado de ***defeito congênito***.

Em ***ducto arterioso patente***, o ducto arterioso (vaso sangüíneo temporário) entre a aorta e o tronco pulmonar, que normalmente se fecha após o nascimento, permanece aberto.

O ***defeito no septo interventricular*** é causado por um fechamento incompleto do septo.

A ***tetralogia de Fallot*** é uma combinação de quatro defeitos: um defeito no septo interventricular, uma aorta que emerge de ambos os ventrículos (em vez de emergir somente do ventrículo esquerdo), uma valva do tronco pulmonar estenosada e um ventrículo direito aumentado.

Arritmias

Arritmia ou *disritmia* são termos gerais que se referem a irregularidades no ritmo cardíaco. Isto ocorre quando há um distúrbio no sistema condutor do coração. As arritmias são causadas por fatores como cafeína, nicotina, álcool, ansiedade, certas drogas, hipertireoidismo, deficiência de potássio e certas doenças cardíacas. Uma arritmia grave é chamada de *bloqueio*

cardíaco. O bloqueio mais comum é no nó (nodo) atrioventricular (AV), que conduz os impulsos dos átrios aos ventrículos. Este distúrbio é chamado de ***bloqueio atrioventricular*** (*AV*).

Na ***palpitação atrial*** (*flutter*), o ritmo atrial chega a 240 a 360 batimentos por minuto. A condição consiste essencialmente de contrações atriais rápidas acompanhadas de bloqueio AV. A ***fibrilação atrial*** é uma contração descoordenada dos músculos atriais que fazem com que os átrios contraiam-se de maneira irregular e mais rápida ainda. Quando o músculo fibrila, as fibras musculares do átrio tremem individualmente em vez de contraírem-se juntas. A vibração cancela o bombeamento dos átrios: a ***fibrilação ventricular*** é caracterizada por contrações assincrônicas e ao acaso do músculo ventricular. A contração ventricular torna-se inefetiva e pode ocorrer insuficiência circulatória e morte.

Insuficiência Cardíaca Congestiva (ICC)

A ***insuficiência cardíaca congestiva*** é um estado agudo ou crônico resultante da perda da capacidade do coração de fornecer oxigênio para suprir as demandas do corpo. As causas incluem doença arterial coronariana, defeitos congênitos, pressão alta crônica, infarto do miocárdio e problemas nas valvas. Muitas vezes, um lado do coração começa a falhar primeiro. Se o ventrículo esquerdo falhar primeiro, ele não conseguirá bombear todo o sangue que recebe. Como conseqüência, o sangue se acumula nos pulmões. O resultado é edema pulmonar, acúmulo de fluido nos pulmões, que pode sufocar a pessoa se não for tratado. Se o ventrículo direito falhar primeiro, o sangue se acumula nos vasos sistêmicos. Neste caso, o edema periférico resultante é geralmente mais notado nos pés e nos tornozelos.

Cor Pulmonale (CP)

Cor Pulmonale (*cor* = coração; *pulmon* = pulmão), ou CP, refere-se ao aumento do ventrículo direito devido a doenças que causam hipertensão (pressão alta) na circulação do sangue nos pulmões.

Terminologia e Condições Médicas

Angiografia cardíaca (*angio* = vaso; *cardio* = coração; *graph* = escrita) Procedimento no qual um cateter (tubo plástico) é utilizado para injetar um meio de contraste radiopaco em um vaso sangüíneo ou câmara cardíaca. O procedimento pode ser utilizado para visualizar os vasos e os ventrículos e analisar anomalias estruturais. A angiografia também pode ser utilizada para injetar drogas que dissolvem coágulos, tais como estreptoquinase ou ativador de plasminogênio tissular (TPA), em uma artéria coronária para dissolver um trombo que a esteja obstruindo.

Parada cardíaca Um termo clínico que significa a cessação de batimentos cardíacos efetivos. O coração pode parar completamente ou tremer de maneira inefetiva (fibrilação ventricular).

Cateterização cardíaca Procedimento utilizado para visualizar as artérias coronárias, as câmaras, as valvas e os grandes vasos do coração. Também pode ser usado para medir a pressão no coração e nos vasos sangüíneos; para avaliar o volume de sangue que sai do coração; e para medir o fluxo de sangue que passa através do coração e dos vasos sangüíneos, o conteúdo de oxigênio no sangue, e o estado das valvas cardíacas e do sistema condutor. O procedimento básico envolve a introdução de um cateter (tubo plástico) em uma veia (para cateterização da porção direita do coração) ou artéria (para cateterização da porção esquerda do coração) periférica e sua condução sob fluoroscopia (observação por raio X).

Cardiomegalia (*mega* = grande, volumoso) Aumento de tamanho do coração.

Válvula incompetente Qualquer válvula que não feche apropriadamente, permitindo um refluxo de sangue. Também chamada de *insuficiência valvular* (se uma válvula) ou valvar (se o conjunto de válvulas).

Palpitação Uma vibração do coração. Batimento ou ritmo anormais do coração.

Taquicardia paroxísmica (*paroxística*) Um período de batimentos cardíacos rápidos que tem início e final repentinos.

Morte cardíaca súbita Cessação inesperada da circulação e da respiração devido a uma doença cardíaca subjacente tal como isquemia, infarto do miocárdio ou distúrbio no ritmo cardíaco.

Resumo dos Estudos

ocalização do Coração (p. 342)

1. O coração situa-se entre os pulmões, no mediastino.
2. Aproximadamente dois terços da massa do coração estão à esquerda da linha mediana.

ericárdio (p. 342)

1. O pericárdio consiste de uma camada fibrosa externa (pericárdio fibroso) e um pericárdio seroso interno.
2. O pericárdio seroso é composto da lâmina parietal e da lâmina visceral.
3. Entre as lâminas parietal e visceral do pericárdio seroso está a cavidade do pericárdio, um espaço preenchido por fluido pericárdico que evita a fricção entre as duas lâminas.

arede; Câmaras; Vasos; Valvas (p. 342-346)

1. A parede do coração tem três camadas: epicárdio, miocárdio e endocárdio.
2. As câmaras são dois átrios (superiores) e dois ventrículos (inferiores).
3. O sangue flui através do coração das veias cavas superior e inferior e do seio coronário ao átrio direito, pela valva tricúspide ao ventrículo direito, através do tronco pulmonar aos pulmões, através das veias pulmonares ao átrio esquerdo, pela valva mitral (bicúspide) ao ventrículo esquerdo e deste para a aorta.
4. Quatro valvas impedem o refluxo de sangue ao coração.
5. As valvas atrioventriculares (AV), entre os átrios e os respectivos ventrículos, são a tricúspide, no lado direito, e a mitral (bicúspide), no lado esquerdo.
6. As valvas AV, cordas tendíneas e os músculos papilares evitam que o sangue reflua para os átrios.
7. As duas artérias que deixam o coração têm, cada uma, três válvulas semilunares que constituem as valvas da aorta e do tronco pulmonares.

uprimento Sangüíneo do Coração (p. 347)

1. A circulação coronária entrega sangue arterial (oxigenado) ao miocárdio e remove o dióxido de carbono.
2. O sangue venoso (desoxigenado) retorna ao átrio direito via seio coronário.
3. As complicações neste sistema são *angina pectoris* e infarto do miocárdio (IM).

istema Condutor do Coração (p. 348)

1. O sistema condutor consiste de tecido especializado para condução de potenciais de ação.
2. Os componentes deste sistema são o nó (nodo) sinoatrial (SA) (marca-passo), nó (nodo) atrioventricular (AV), fascículo atrioventricular (AV) (feixe de His), ramos direito e esquerdo do fascículo e ramos subendocárdicos (fibras de Purkinje).

letrocardiograma (ECG) (p. 350)

1. O registro das mudanças elétricas durante cada ciclo cardíaco é chamado de eletrocardiograma (ECG).
2. Um ECG normal consiste de uma onda P (passagem do potencial de ação do nó (nodo) SA aos átrios), uma onda QRS (passagem do potencial de ação aos ventrículos) e uma onda T (repolarização ventricular).
3. O ECG é utilizado para diagnosticar ritmos cardíacos e padrões de condução anormais, detectar a presença de vida fetal e acompanhar a recuperação de um ataque cardíaco.

Fluxo de Sangue pelo Coração (p. 350)

1. O sangue flui pelo coração de áreas de maior pressão para áreas de menor pressão.
2. A pressão que se desenvolve é relacionada ao tamanho e ao volume de uma câmara.
3. O movimento de sangue pelo coração é controlado pela abertura e pelo fechamento das valvas e pela contração e pelo relaxamento do miocárdio.

Ciclo Cardíaco (Batimentos Cardíacos) (p. 350)

1. Um ciclo cardíaco consiste de uma sístole (contração) e uma diástole (relaxamento) das câmaras do coração.
2. As fases do ciclo cardíaco são (a) o período de relaxamento, (b) o enchimento ventricular e (c) a sístole ventricular.
3. Com uma freqüência cardíaca média de 75 batimentos/minuto, um ciclo cardíaco completo necessita de 0,8 segundo.
4. O primeiro som cardíaco ("*lubb*") representa o fechamento das valvas atrioventriculares. O segundo som ("*dupp*") representa o fechamento das valvas da aorta e do tronco pulmonar.

Débito Cardíaco (DC) (p. 351)

1. O débito cardíaco (DC) é a quantidade de sangue ejetada do ventrículo esquerdo para a aorta a cada minuto. É calculado como se segue: DC = volume sistólico x batimentos por minuto.
2. O volume sistólico é a quantidade de sangue ejetada pelo ventrículo a cada sístole.

Freqüência Cardíaca (p. 353)

1. A freqüência cardíaca e a força das contrações são controladas pelo centro cardiovascular na medula oblonga (bulbo) e podem ser aumentadas por estimulação simpática ou diminuídas por estimulação parassimpática.
2. Os barorreceptores são células nervosas que respondem a mudanças na pressão sangüínea. Eles atuam sobre os centros cardíacos na medula oblonga (bulbo).
3. Outras influências na freqüência cardíaca incluem substâncias químicas (epinefrina [adrenalina], sódio, potássio), temperatura, emoções, sexo e idade.

Fatores de Risco na Doença Cardíaca (p. 353)

1. Os fatores de risco incluem colesterol alto, pressão alta, fumo, obesidade, falta de exercícios regulares, diabete melito, predisposição genética, sexo e idade.
2. Entre os benefícios do exercício aeróbico estão aumento do débito cardíaco (DC), aumento da lipoproteína de alta densidade, diminuição dos triglicerídeos, melhora da função pulmonar, diminuição da pressão e controle do peso.

Auto-avaliação

1. Qual das câmaras do coração tem a camada mais espessa de miocárdio?
   a. ventrículo direito b. átrio direito c. ventrículo esquerdo d. átrio esquerdo e. seio coronário
2. A valva entre o átrio esquerdo e o ventrículo esquerdo é a
   a. mitral (bicúspide) b. semilunar aórtica c. tricúspide d. semilunar pulmonar e. sinoatrial
3. Que parte do coração bombeia sangue aos pulmões?
   a. átrio esquerdo b. ventrículo esquerdo c. tronco pulmonar d. átrio direito e. ventrículo direito
4. Qual das seguintes frases descreve o pericárdio?
   a. É uma camada de epitélio escamoso simples. b. Reveste a parte interna do miocárdio. c. É contínuo com o revestimento epitelial dos grandes vasos sangüíneos. d. É responsável pela contração do coração. e. Fixa o coração no mediastino.
5. Qual parte do coração recebe primeiro o sangue arterial (oxigenado) que vem dos pulmões?
   a. ventrículo esquerdo b. átrio esquerdo c. átrio direito d. ventrículo direito e. aurícula direita
6. O "marca-passo" do coração é
   a. o nó (nodo) sinatrial (SA) b. o nó (nodo) atrioventricular (AV) c. os ramos subendocárdicos (fibras de Purkinje) d. o fascículo atrioventricular (AV) e. o disco intercalar
7. No funcionamento normal do coração
   a. o átrio e o ventrículo direitos contraem-se, seguidos pela contração do átrio e do ventrículo esquerdo b. a ordem de contração é: átrio direito, ventrículo direito, átrio esquerdo e ventrículo esquerdo c. os dois átrios contraem-se juntos, depois os dois ventrículos d. o átrio direito e o ventrículo esquerdo sofrem contração, seguidos da contração do átrio esquerdo e do ventrículo direito e. todas as quatro câmaras contraem-se e relaxam ao mesmo tempo
8. A freqüência cardíaca e a força das contrações são controladas pelo centro cardiovascular, que se localiza no(a)
   a. cérebro b. ponte c. átrio direito d. medula oblonga (bulbo) e. nó (nodo) AV
9. Os sons do coração são produzidos por
   a. contração do miocárdio b. fechamento das valvas cardíacas c. fluxo de sangue nas artérias coronárias d. fluxo de sangue nos ventrículos e. transmissão dos potenciais de ação pelo sistema condutor do coração
10. Usando as duas situações a seguir, faça as associações com relação à freqüência cardíaca:

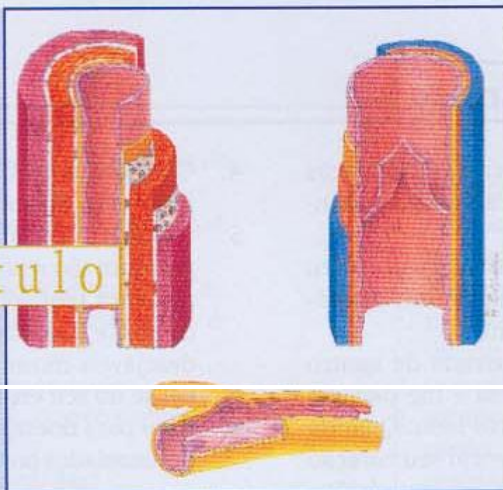
    ___ a. estimulação simpática do nó (nodo) SA — A. acelera
    ___ b. diminuição na pressão sangüínea — B. desacelera
    ___ c. sexo feminino
    estimulação parassimpática do sistema condutor do coração
    ___ d. liberação de epinefrina (adrenalina)
    ___ e. níveis elevados de K^+
    ___ f. liberação de acetilcolina
    ___ g. exercício extenuante
    ___ h. estimulação pelo nervo vago
    ___ i. medo, raiva, estresse
    ___ j. resfriamento do corpo
    ___ k. idade avançada
11. A porção do ECG que corresponde à despolarização atri é
    a. o pico R b. o espaço entre a onda T e a onda P c. a onda T d. a onda P e. a onda QRS
12. O débito cardíaco é
    a. igual a volume sistólico (VS) x pressão sangüínea (PS
    b. igual a volume sistólico (VS) x batimentos por minuto
    c. é calculado usando a fórmula da Lei de Starling
    d. é em média de 70 ml em um homem adulto normal
    e. é (o volume de sangue nos ventrículos) – (o volume d sangue nos átrios)
13. A abertura das válvulas semilunares na aorta e no tronco pulmonar deve-se ao fato de a
    a. pressão nos ventrículos exceder a pressão na aorta e tronco pulmonar b. pressão nos ventrículos exceder a pressão nos átrios c. pressão nos átrios exceder a pressão nos ventrículos d. pressão nos átrios exceder a pressão na aorta e no tronco pulmonar e. pressão na aorta e no tronco pulmonar exceder a pressão nos ventrículos
14. Faça as associações:

    ___ a. pode causar sopro no coração — A. pericardite
    ___ b. compressão cardíaca — B. prolapso de valva mitral
    ___ c. inflamação da camada que cobre o coração — C. infarto do miocárdio
    ___ d. contração de câmara cardíaca — D. *angina pectoris*
    ___ e. dor no peito proveniente de isquemia — E. diástole
    ___ f. ataque cardíaco — F. sístole
    ___ g. relaxamento de câmara cardíaca — G. tamponamento cardíaco

Aplicação do Pensamento Crítico

1. Compare a estrutura e a função das valvas cardíacas atrioventriculares (AV) com as de um pára-quedas ou tente compará-las a alguma outra coisa.
2. Seu tio teve de colocar um marca-passo artificial após seu último problema cardíaco. Qual a função de um marca-passo? Qual estrutura cardíaca ele substitui?
3. Kathrin estava atravessando uma auto-estrada de quatro pistas quando um carro apareceu do nada e lhe deu um susto que a fez correr para chegar ao outro lado. Quando terminou de correr até o outro lado, ela sentiu seu coração disparando. Siga a rota do sinal (impulso) que seu cérebro mandou ao seu coração.
4. Compare as causas e os efeitos da *angina pectoris* aos do infarto do miocárdio.
5. Durante alguns tipos de cirurgia, o corpo e o sangue do paciente são resfriados. Que efeito este abaixamento de temperatura tem sobre a freqüência cardíaca, a força das contrações e o débito cardíaco? Por que esses efeitos podem ser desejáveis durante uma cirurgia?
6. Pense no seu estilo de vida. Você possui algum dos fatores de risco para doença cardíaca? Liste dois fatores que podem ser influenciados por mudanças no estilo de vida e explique como.

Respostas às Perguntas das Figuras

15.1 Uma massa de tecido no meio da cavidade torácica, entre os pulmões e entre o esterno e a coluna.
15.2 Lâmina visceral do pericárdio seroso (epicárdio).
15.3 Átrio direito, valva tricúspide, ventrículo direito, valva do tronco pulmonar, tronco pulmonar, artérias pulmonares, pulmões, veias pulmonares, átrio esquerdo, válvula mitral (bicúspide), ventrículo esquerdo, valva da aorta, aorta, restante do corpo, veia cava superior, veia cava inferior e seio coronário ao átrio direito.
15.4 Evitar o refluxo de sangue.
15.5 Veia cava superior, veia cava inferior e seio coronário.
15.6 Fascículo atrioventricular (AV).
15.7 Sístole e diástole.
15.8 Diminui a freqüência cardíaca e a força das contrações.
15.9 Vasodilatação.
15.10 Substâncias gordurosas, colesterol e fibras musculares lisas.

objetivos do aprendizado

1. Descrever os fatores que afetam a pressão sangüínea.
2. Descrever como a pressão sangüínea é regulada.
3. Discutir como ocorre a troca de materiais entre o sangue e as células do corpo.
4. Descrever como o sangue retorna ao coração.
5. Definir pulso e pressão sangüínea e descrever como são medidos.
6. Comparar as rotas sangüíneas principais através das várias regiões do corpo.

O Sistema Cardiovascular (Circulatório): Vasos Sangüíneos

uma visão geral

Os vasos sangüíneos formam uma rede de tubos que transportam sangue do coração em direção aos tecidos do corpo e de volta ao coração. As ***artérias*** são os vasos que transportam o sangue do coração aos tecidos. Grandes artérias deixam o coração e se dividem em artérias de tamanho médio que se ramificam em direção às várias regiões do corpo. Estas então se dividem em artérias menores, que, por sua vez, se dividem em artérias ainda menores chamadas de ***arteríolas***. As arteríolas no interior de um tecido ou órgão ramificam-se em um sem-número de vasos microscópicos chamados de ***capilares***. Através das paredes dos capilares, substâncias são trocadas entre o sangue e os tecidos corporais. Antes de deixar os tecidos, grupos de capilares reúnem-se para formar pequenas veias chamadas de ***vênulas***. Estas, por sua vez, fundem-se para formar tubos progressivamente maiores chamados de veias. As ***veias*** são vasos sangüíneos que transportam sangue dos tecidos *de volta ao coração.*

Artérias

As ***artérias*** têm paredes constituídas de três túnicas (camadas) de tecidos que circundam um espaço oco, chamado de ***luz***, através do qual flui o sangue (Figura 16.1a). A túnica interna (íntima) é composta de epitélio escamoso simples chamado de ***endotélio*** e tecido elástico. A túnica média consiste de músculo liso e fibras elásticas. A túnica externa é composta principalmente de fibras elásticas e colágenas.

Como resultado da estrutura da túnica média, especialmente, as artérias apresentam duas propriedades principais: elasticidade e contratilidade. Com respeito à elasticidade, quando os ventrículos do coração contraem-se e ejetam sangue para o interior das artérias, estas se expandem para acomodar o sangue extra. Então, quando o ventrículo relaxa, o recuo das fibras elásticas nas artérias força o avanço sangüíneo. A contratilidade de uma artéria vem de seu músculo liso, que é suprido pela porção simpática do sistema nervoso autônomo. Quando aumenta a estimulação simpática, aumentam as contrações da musculatura lisa, estreitando desta forma a luz, um processo chamado de ***vasoconstrição***. A ***vasodilatação***, ou aumento do diâmetro da luz, resulta de uma diminuição na estimulação simpática e conseqüente relaxamento da musculatura lisa. Algum grau de vasoconstrição é necessário para a manutenção da circulação (mais detalhes sobre o assunto adiante).

Arteríolas

Uma ***arteríola*** (arteríola = artéria pequena) é uma artéria muito pequena (quase microscópica) que distribui sangue aos capilares. À medida que as arteríolas vão ficando menores, elas gradativamente consistem de pouco mais que uma camada de endotélio coberta por umas poucas fibras de músculo liso (veja a Figura 16.2).

As arteríolas têm um papel importante na regulação do fluxo sangüíneo das artérias em direção aos capilares. Durante a vasoconstrição, o fluxo sangüíneo para os capilares é restrito; durante a vasodilatação, o fluxo fica aumentado significativamente.

Capilares

Os ***capilares*** (*capillaris* = como fios de cabelo) são vasos microscópicos que conectam as arteríolas às vênulas (Figura 16.1c). A função primária dos capilares é permitir a troca de nutrientes e resíduos entre o sangue e as células do tecido. Os capilares são encontrados perto de quase todas as células no corpo, mas sua atividade varia com a atividade do tecido. Tecidos corporais com alta atividade metabólica (nervoso, muscular, fígado, rins) requerem mais oxigênio e nutrientes de forma que existem mais capilares para o seu suprimento sangüíneo. A epiderme, as córneas e as lentes do olho e as cartilagens não contêm capilares.

A estrutura dos capilares é admiravelmente adaptada aos seus propósitos. Como as paredes capilares são compostas por uma única camada de células endoteliais e uma membrana basal, as substâncias no sangue passam facilmente através delas para atingir as células e vice-versa. Dependendo de quão estreita é a junção das células endoteliais, tipos diferentes de capilares permitem vários graus de permeabilidade. A estrutura dos capilares é vital para a homeostase dos tecidos porque as paredes de todos os outros vasos são muito grossas para permitir a troca de substâncias entre o sangue e as células dos tecidos.

Em algumas regiões, os capilares passam diretamente de arteríolas para vênulas, em outros lugares, formam uma rede de extensas ramificações entre os dois vasos. Esta rede aumenta a área de superfície para difusão, e, dessa forma, permite uma rápida troca de grandes quantidades de materiais. O sangue normalmente flui através de somente uma pequena porção da rede capilar quando as necessidades metabólicas são baixas. Mas quando um tecido se torna ativo (metabolicamente), a rede capilar inteira é preenchida de sangue. O fluxo sangüíneo nos capilares é regulado por fibras de músculo liso espalhadas ao longo de arteríolas e ***esfíncteres pré-capilares***, anéis de músculo liso na sua origem. Fibras de músculo liso e esfíncteres pré-capilares contraem (vasoconstrição) e relaxam (vasodilatação) para regular o fluxo sangüíneo através deles (Figura 16.2).

Vênulas

Quando vários capilares se unem, eles formam pequenas veias chamadas de ***vênulas*** (*venula* = pequena veia). As vênulas coletam sangue dos capilares e o drenam para as veias. As vênulas são semelhantes em estrutura às arteríolas; suas paredes são mais finas próximo aos capilares e engrossam à medida que progridem em direção ao coração.

Veias

As veias são estruturalmente semelhantes às artérias, mas suas túnicas média e íntima são mais finas. A túnica externa das veias é a camada mais espessa. A túnica íntima pode dobrar-se para dentro para formar válvulas (veja a Figura 16.1b). Apesar destas diferenças, as veias ainda são suficientemente flexíveis para acomodar variações no volume e na pressão do sangue que passa através delas. A luz de uma veia é mais ampla que a de uma artéria correspondente.

Quando o sangue deixa os capilares em direção às veias, ele perde uma grande quantidade da sua pressão. Isso pode ser observado no sangue que jorra de um vaso cortado. O sangue de uma veia flui vagarosa e uniformemente. O sangue de uma artéria jorra em rápidas golfadas. As diferenças estruturais entre artérias e veias refletem esta diferença de pressão. Por exemplo, as paredes das veias não são tão fortes quanto as das artérias. A baixa pressão

Figura 16.1 Estrutura comparativa dos vasos sangüíneos. O tamanho relativo do capilar em (c) está aumentado para enfatizá-lo. Note a valva no interior da veia.

As artérias transportam o sangue do coração em direção aos tecidos; as veias transportam o sangue dos tecidos ao coração.

TÚNICA ÍNTIMA INTERNA
Endotélio
Lâmina elástica
TÚNICA MÉDIA
Músculo liso e tecido elástico
TÚNICA EXTERNA
(fibras elásticas e colágenas)
Luz
(a) Artéria
Valva (conjunto de válvulas)
Luz
(b) Veia
Luz
Membrana basal
Endotélio
(c) Capilar

RESUMO DAS FUNÇÕES DOS VASOS SANGÜÍNEOS

1. Os vasos sangüíneos forma um sistema tubular fechad que transporta o sangue do co ração (artérias), aos tecidos d corpo (arteríolas, capilares vênulas), retornando-o ao co ração (veias).
2. A troca de substâncias entre sangue e as células dos te dos ocorre à medida que o san gue flui através dos capilares
3. Os nutrientes e o oxigênio di fundem-se do sangue, atrav do líquido intersticial, até as cé lulas dos tecidos. Produtos de excreção, incluindo dióxido d carbono, difundem-se das cé lulas, através do líquido interst cial para o sangue.

P ***Entre a artéria femoral e a veia femoral, qual das duas se espera ter uma parede mais espessa? Qual delas apresenta uma luz mais larga?***

nas veias, entretanto, tem suas desvantagens. Quando está parado, a pressão empurrando sangue pelas veias para cima é apenas suficiente para vencer a força da gravidade. Por esta razão, muitas veias, especialmente aquelas nos membros, apresentam válvulas que previnem o fluxo reverso (veja a Figura 16.6).

Em pessoas com valvas venosas fracas, a gravidade força o sangue de volta nas veias. Esta pressão sobrecarrega a veia e empurra suas paredes para fora. Após uma sobrecarga repetida, as paredes perdem sua elasticidade e tornam-se esticadas e flácidas. Tais veias dilatadas e tortuosas causadas por valvas que permitem o refluxo são chamadas de ***veias varicosas*** (ou varizes). Elas podem ser decorrentes de causas hereditárias, fatores mecânicos (paradas prolongadas e gestação) ou envelhecimento. As veias próximas à superfície das pernas são altamente suscetíveis à varico As veias posicionadas mais profundamente não são tão vulnera veis porque os músculos estriados esqueléticos previnem hiperextensão de suas paredes.

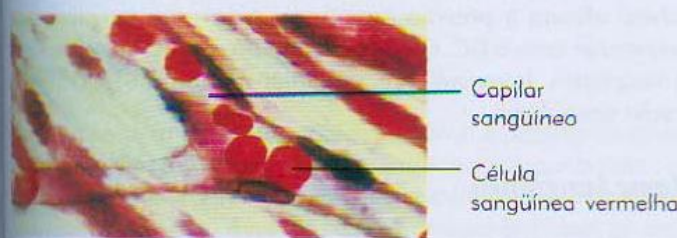
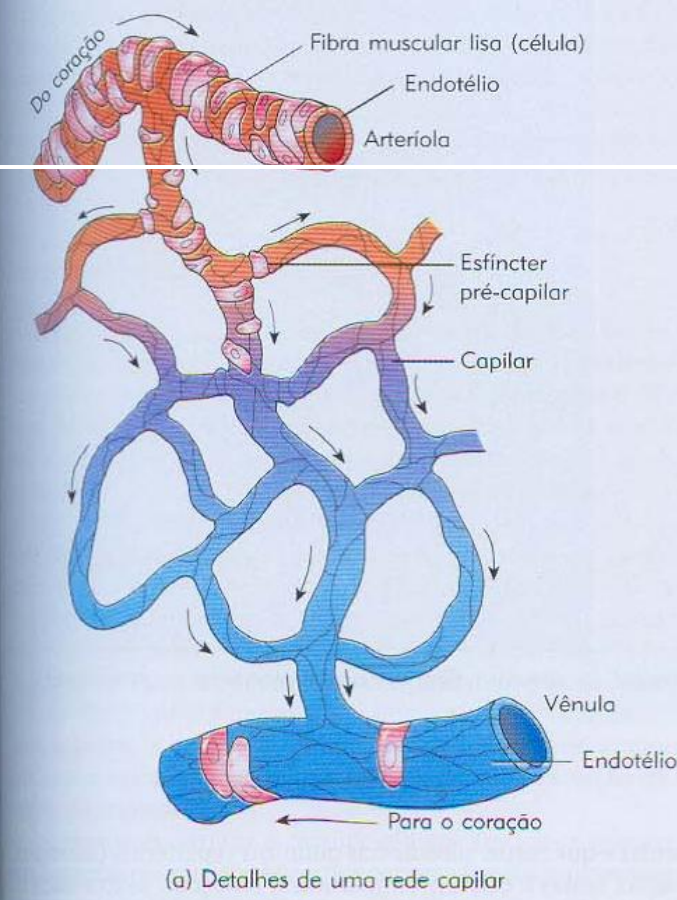
Veja o Quadro 16.1 para um resumo das artérias, dos capila res e das veias.

Reservatórios de Sangue

O volume de sangue nas várias partes do sistema cardiovascula circulatório varia consideravelmente. Veias e vênulas contêm pe volta de 60% do sangue no sistema; artérias e arteríolas, por vol de 15%; vasos pulmonares, aproximadamente 12%; coração, 8%

Figura 16.2 Capilares.

As arteríolas regulam o fluxo sangüíneo para o interior dos capilares, onde os nutrientes, os gases e os resíduos são trocados entre o sangue e as células.

(a) Detalhes de uma rede capilar

(b) Microfotografia mostrando glóbulos vermelhos comprimindo-se através dos capilares

Por que os tecidos metabolicamente ativos possuem redes capilares extensas?

e capilares, aproximadamente 5%. Como as veias contêm tanto sangue, elas são chamadas de ***reservatórios de sangue***. O sangue pode ser direcionado rapidamente para outras partes do corpo se surgir a necessidade. Por exemplo, para os músculos estriados esqueléticos quando existir uma atividade muscular aumentada. Os principais reservatórios sangüíneos são as veias dos órgãos abdominais (especialmente o fígado e o baço) e a pele.

Fisiologia da Circulação

Fatores que Determinam o Fluxo Sangüíneo

O ***fluxo sangüíneo*** refere-se à quantidade de sangue que passa através de um vaso sangüíneo em um dado período de tempo. O sangue flui ou circula através de dois grupos principais de vasos sangüíneos, para os pulmões onde o sangue elimina o dióxido de carbono e repõe o oxigênio (circulação pulmonar) e para o resto do corpo, onde o sangue libera oxigênio e remove o dióxido de carbono (circulação sistêmica). Na discussão que se segue, enfocaremos a circulação sistêmica.

O fluxo sangüíneo é determinado por dois fatores principais: (1) pressão sangüínea e (2) resistência (oposição), à força de fricção do sangue que circula através dos vasos sangüíneos.

Pressão Sangüínea

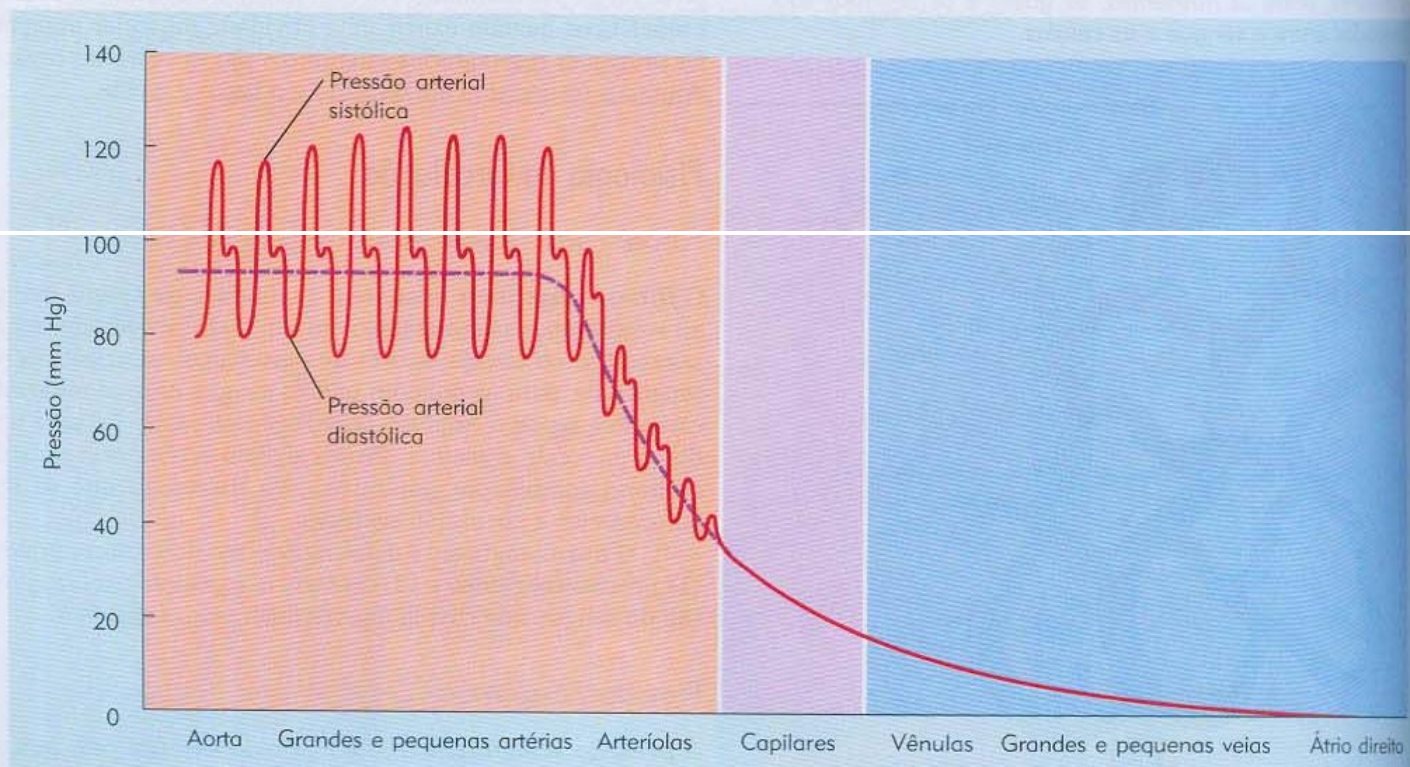
A ***pressão sangüínea*** *(PS)* é a pressão exercida pelo sangue na parede de um vaso sangüíneo. Na prática clínica, o termo refere-se à pressão nas artérias (pressão arterial ou PA). A PS é influenciada pelo débito cardíaco, volume sangüíneo e resistência. O sangue flui através de seu sistema de vasos fechados devido à diferença das pressões sangüíneas em várias partes do sistema cardiovascular. O fluxo sangüíneo é diretamente proporcional à pressão sangüínea; isto é, se a pressão aumenta, aumenta também o fluxo. O sangue sempre flui de regiões de pressão sangüínea mais alta para regiões de pressão mais baixa. A pressão média na aorta é de aproximadamente 100 milímetros de mercúrio (mm Hg). À medida que o sangue deixa a aorta e flui através da circulação sistêmica, sua pressão cai progressivamente para 0 mm Hg quando atinge o átrio direito (Figura 16.3).

Resistência

A ***resistência*** refere-se à oposição ao fluxo sangüíneo que resulta da fricção entre o sangue e as paredes dos vasos sangüíneos. A resistência está relacionada (1) à viscosidade do sangue; (2) ao comprimento dos vasos sangüíneos; e (3) ao diâmetro dos vasos sangüíneos.

Quadro 16.1 Comparação entre artérias, capilares e veias

	ESTRUTURA	FUNÇÃO
Artérias	Compostas de três túnicas (camadas) em torno de uma luz.	Levar o sangue para longe do coração.
Capilares	Compostos de uma camada de endotélio e uma membrana basal em torno de uma luz.	Permitir a troca de nutrientes e resíduos entre o sangue e as células dos tecidos.
Veias	Compostas das mesmas três túnicas (camadas) das artérias, em torno de uma luz, mas a túnica externa é mais espessa que as demais. Também contêm valvas (conjunto de válvulas).	Levar o sangue de volta ao coração.

Figura 16.3 Pressão sangüínea em várias partes do sistema cardiovascular. A linha pontilhada é a média da pressão sangüínea.

P *Qual a relação entre a pressão sangüínea e o fluxo sangüíneo?*

A viscosidade (adesividade) do sangue está relacionada à taxa de glóbulos vermelhos (eritrócitos) e solutos, especialmente as proteínas plasmáticas, para o plasma (fluido). Qualquer condição que aumente a viscosidade sangüínea, tal como a desidratação ou a contagem de glóbulos vermelhos muito alta (policitemia), aumenta a pressão sangüínea. Uma depleção das proteínas plasmáticas ou dos eritrócitos, como resultado de hemorragia ou de anemia, diminui a viscosidade e pressão sangüíneas. Quanto mais longo o vaso sangüíneo, maior a resistência ao fluxo sangüíneo, devido ao maior contato entre o sangue e a parede do vaso. Quanto menor o diâmetro do vaso sangüíneo, maior a resistência que ele oferece ao fluxo sangüíneo.

Fatores que Afetam a Pressão Sangüínea Arterial

Objetivo: *Descrever os fatores que afetam a pressão sangüínea.*

Três fatores influenciam a pressão sangüínea arterial: (1) o débito cardíaco, (2) o volume sangüíneo e (3) a resistência periférica.

Débito Cardíaco

O ***débito cardíaco*** (DC), que é a quantidade de sangue ejetada pelo ventrículo esquerdo para a aorta a cada minuto, é o principal determinante da pressão sangüínea. Como citado no Capítulo 15, o DC é calculado pela multiplicação do volume de sangue ejetado por cada contração ventricular pela freqüência cardíaca. Em um adulto normal em repouso, ele é de aproximadamente 5,25 litros/min (70 ml x 75 batimentos/minuto). Lembre-se, também do Capítulo 15, de que o DC é parcialmente regulado pelo centro cardiovascular e que certas substâncias químicas (epinefrina [adrenalina], potássio, sódio e cálcio), temperatura, emoções, sexo e idade afetam a freqüência cardíaca. Pelo seu efeito no DC, estes fatores também afetam a pressão sangüínea. A pressão sangüínea varia diretamente com o DC. Qualquer aumento no DC aumenta a pressão sangüínea. Inversamente, qualquer diminuição no DC baixa a pressão sangüínea.

Volume Sangüíneo

A pressão sangüínea está diretamente relacionada ao ***volume sangüíneo*** no sistema cardiovascular. O volume normal de sangue em um corpo humano é de aproximadamente 5 litros. Qualquer diminuição neste volume, tal como nas hemorragias, diminui a quantidade de sangue circulante a cada minuto nas artérias. Como resultado, diminui a pressão sangüínea. Inversamente, qualquer causa de aumento do volume sangüíneo, tal como ingestão de sal e conseqüente retenção de água, aumenta a pressão sangüínea.

Resistência Periférica

A ***resistência periférica*** refere-se à resistência ao fluxo de sangue na circulação periférica, que é distante do coração. A maior resistência ocorre nas arteríolas, nos capilares e nas vênulas. A resistência nas artérias e nas veias é menor por causa de seu maior diâmetro. Uma função importante das arteríolas é o controle da resistência periférica, e, dessa forma, da pressão sangüínea e do fluxo, pela alteração de seu diâmetro. Esta regulação é governada pelo centro vasomotor na medula oblonga (bulbo).

Homeostase da Regulação da Pressão Sangüínea

Objetivo: *Descrever como a pressão sangüínea é regulada.*

Para que se mantenha a homeostase, a pressão sangüínea deve ser mantida dentro dos limites normais. Enquanto a pressão alta pode causar grandes danos ao coração, ao cérebro, aos rins e ao fígado, a pressão baixa pode resultar na liberação de quantidades inadequadas de oxigênio e nutrientes para as necessidades metabólicas celulares. Para que se mantenham os níveis homeostáticos normais, existe um centro regulador no encéfalo que recebe sinais dos receptores distribuídos pelo corpo, centros cerebrais superiores e substâncias químicas.

Centro Vasomotor

No centro cardiovascular na medula oblonga (bulbo) existe um grupo de neurônios simpáticos chamado de ***centro vasomotor*** (*vas* = vaso; *motor* = movimento). Este centro controla o diâmetro dos vasos sangüíneos, especialmente as arteríolas da pele e das vísceras abdominais. É o centro de integração para o controle da pressão sangüínea. Ele envia continuamente impulsos aos músculos lisos nas paredes das arteríolas que resultam em um estado moderado de vasoconstrição permanente, o que auxilia na manutenção da resistência periférica e da pressão sangüínea. Por meio do aumento do número de impulsos simpáticos, o centro vasomotor provoca um aumento da vasoconstrição e aumenta a pressão sangüínea. Por meio da diminuição do número de impulsos simpáticos, ele causa vasodilatação e diminui a pressão sangüínea. Em outras palavras, a porção simpática do sistema nervoso autônomo pode causar vasodilatação ou vasoconstrição pela variação da freqüência de impulsos.

O centro vasomotor é modificado por um certo número de impulsos provenientes dos barorreceptores, dos quimiorreceptores, dos centros cerebrais superiores e de vários hormônios, todos os quais influenciam a pressão do sangue.

Barorreceptores

Os ***barorreceptores*** são neurônios sensíveis à pressão sangüínea, que estão localizados na aorta, nas artérias carótidas internas (artérias do pescoço que suprem de sangue o encéfalo) e em outras grandes artérias no pescoço e no tórax. Eles enviam impulsos ao centro cardiovascular para aumentar ou diminuir o débito cardíaco e assim auxiliar na regulação da pressão sangüínea (veja a Figura 15.8). Este mecanismo age não somente no coração mas também nas arteríolas. Lembre-se de que a estimulação simpática via nervos aceleradores cardíacos aumenta a freqüência cardíaca e o débito cardíaco, enquanto que a estimulação parassimpática via nervo vago (X) diminui a freqüência e o débito cardíaco. Se há um aumento na pressão sangüínea, os barorreceptores enviam mais impulsos nervosos ao centro cardiovascular e a estimulação parassimpática causa uma diminuição no débito cardíaco, com a conseqüente diminuição na pressão sangüínea. Ou, se existe uma diminuição da pressão sangüínea, os barorreceptores enviam menos impulsos nervosos ao centro cardiovascular e a estimulação simpática aumenta o débito cardíaco, aumentando, dessa forma, a pressão sangüínea. Os barorreceptores também enviam impulsos ao centro vasomotor no centro cardiovascular. Em resposta, ou o centro vasomotor diminui a estimulação simpática a arteríolas e veias, resultando em uma vasodilatação e diminuição da pressão sangüínea, ou aumenta a estimulação simpática, resultando em uma vasoconstrição e aumento da pressão sangüínea (Figura 16.4). Note que, embora o controle autônomo do coração seja o resultado de estímulos opostos simpáticos e parassimpáticos, o controle autônomo dos vasos sangüíneos é exclusivamente resultado de estimulação simpática.

Quimiorreceptores

Os neurônios que são sensíveis a substâncias químicas no sangue são chamados de ***quimiorreceptores***. Eles estão localizados nos dois ***glomos (corpos) caróticos***, que são encontrados nas artérias carótidas comuns, e nos ***corpos para-aórticos***, que estão localizados no arco da aorta. Os quimiorreceptores são sensíveis a níveis de oxigênio (O_2) abaixo do normal e ainda mais sensíveis a níveis acima do normal de dióxido de carbono (CO_2) e íons de hidrogênio (H^+) e enviam impulsos ao centro vasomotor, no centro cardiovascular, quando ocorrem estas condições. Em resposta, o centro vasomotor aumenta a estimulação simpática para as arteríolas para causar vasoconstrição e um aumento na pressão sangüínea.

Regulação pelos Centros Cerebrais Superiores

Os ***centros cerebrais superiores***, tais como o córtex cerebral, influenciam a pressão sangüínea em resposta a emoções fortes. Durante períodos de intensos sentimentos de raiva ou excitação sexual, por exemplo, o córtex cerebral retransmite impulsos para o hipotálamo, e então para o centro vasomotor. A partir daí, impulsos às arteríolas causam um aumento da vasoconstrição e um aumento na pressão sangüínea. Também os impulsos simpáticos à medula supra-renal causam um aumento na liberação de epinefrina (adrenalina) e norepinefrina (noradrenalina), que prolongam muitas respostas simpáticas, incluindo a vasoconstrição e pressão sangüínea aumentada. Quando uma pessoa está de luto, muito triste, impulsos dos centros cerebrais superiores diminuem a estimulação do centro vasomotor, produzindo vasodilatação e diminuição da pressão sangüínea. Um resultado freqüente são os desmaios por causa da diminuição do fluxo sangüíneo cerebral.

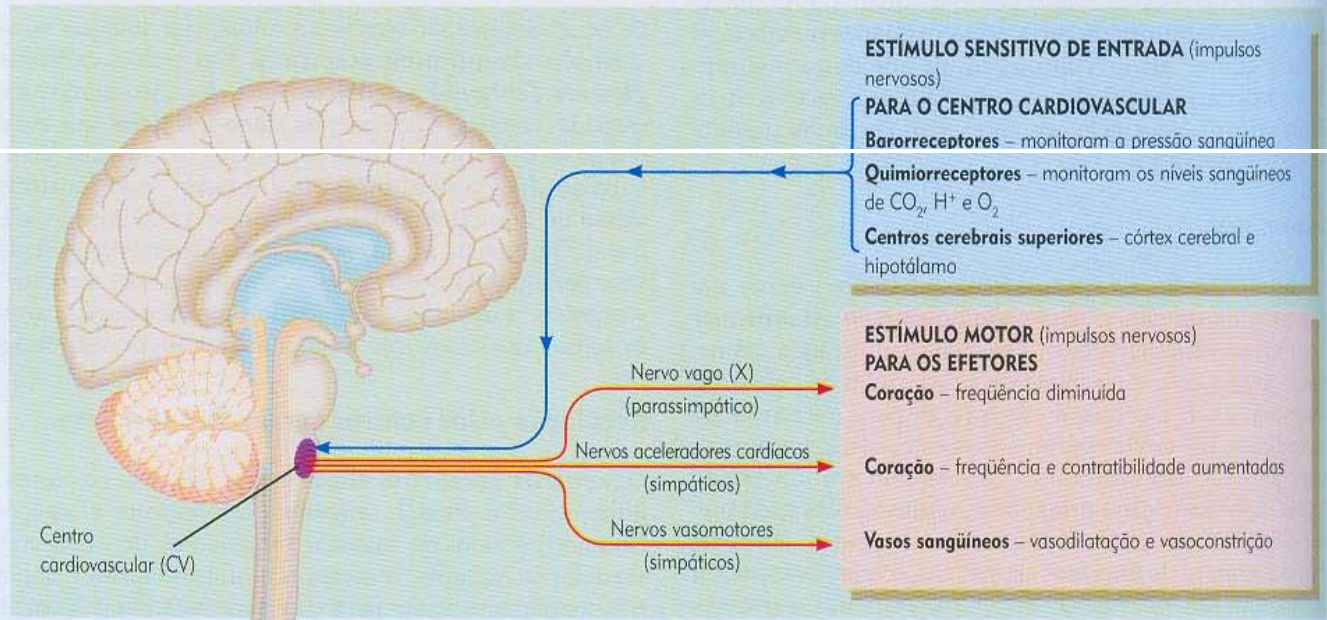
Hormônios

Muitos ***hormônios*** afetam a pressão sangüínea. A epinefrina (adrenalina) e a norepinefrina (noradrenalina) (NE), produzidas pela medula supra-renal, aumentam a freqüência e a força dos batimentos cardíacos e causam vasoconstrição das arteríolas da pele e do abdome (veja a Figura 13.19). O álcool inibe a liberação de ADH, deprime o centro vasomotor e causa vasodilatação que reduz a pressão sangüínea. Quando a pressão arterial diminui, certas células renais secretam renina, que aumenta a pressão sangüínea por causar vasoconstrição e aumento da reabsorção do íon sódio e de água (veja a Figura 13.15). A histamina, produzida pelos mastócitos, é um vasodilatador em uma reação inflamatória (veja o Capítulo 17). O ***peptídeo natriurético atrial*** (PNA), liberado pelas células do átrio cardíaco, diminui a pressão sangüínea por causar vasodilatação e por promover a perda de sal e água na urina, o que resulta em uma redução do volume sangüíneo.

Auto-regulação

A ***auto-regulação*** refere-se a um ajuste local e automático do fluxo sangüíneo em uma determinada região do corpo em resposta às necessidades particulares daquele tecido. A auto-regulação é inde-

Figura 16.4 O centro cardiovascular recebe sinais dos barorreceptores, dos quimiorreceptores e dos centros cerebrais superiores. Ele fornece sinais para ambas as porções simpática e parassimpática do sistema nervoso autônomo.

O centro cardiovascular (CV) na medula oblonga (bulbo) é a principal região de regulação do sistema nervoso do coração e dos vasos sangüíneos.

P *Que tipos de tecidos efetores são regulados pelo centro cardiovascular?*

pendente do controle vasomotor. Alguns estímulos que causam a auto-regulação são físicos. Por exemplo, um aquecimento da temperatura promove vasodilatação enquanto que um resfriamento causa vasoconstrição. Outros estímulos são químicos. Em resposta a um baixo suprimento de oxigênio, as células das imediações produzem ***fatores vasoativos***, que são substâncias químicas que alteram o diâmetro dos vasos sangüíneos. Algumas destas substâncias, tais como os íons de potássio (K^+), íons de hidrogênio (H^+), dióxido de carbono (CO_2) e ácido lático, produzem vasodilatação. Estas substâncias causam uma dilatação das arteríolas locais e o relaxamento dos esfincteres pré-capilares. O resultado é um aumento do fluxo sangüíneo aos tecidos, que restaura os níveis normais de oxigênio. Outros fatores vasoativos, tais como os eicosanóides (prostaglandinas), produzem vasoconstrição. Tais substâncias causam a constrição das arteríolas locais e a contração dos esfíncteres pré-capilares, diminuindo assim o fluxo sangüíneo a um tecido. A auto-regulação é importante para que as demandas nutricionais de tecidos ativos, tal como o tecido muscular, sejam atingidas.

Trocas Capilares

Objetivo: *Discutir como os materiais são trocados entre o sangue e as células do corpo.*

A velocidade do fluxo sangüíneo nos capilares é a mais baixa de todo o sistema cardiovascular (circulatório). Isto é importante porque ela permite tempo para a troca de materiais entre o sangue e os tecidos corporais.

O movimento da água e das substâncias nela dissolvidas, exceto as proteínas, através das paredes capilares depende das forças ou pressões opostas. Uma pressão envolvida é chamada de ***pressão hidrostática***. Ela é a pressão do sangue no interior d capilares. A outra pressão é a ***pressão osmótica***, a pressão d um fluido devido à sua concentração de solutos. Quanto mais al a concentração de solutos, mais alta é a pressão osmótica. Na te minação arterial de um capilar, a pressão hidrostática é maior qu a pressão osmótica, o que tende a mover fluidos para fora d capilares, para o líquido intersticial, um processo chamado de ***fil tração*** (Figura 16.5). Na terminação venosa de um capilar, a pre são osmótica é maior que a pressão hidrostática e isto tende mover os fluidos do líquido intersticial para o interior dos capil res venosos (o sangue tem uma pressão osmótica maior que o l quido intersticial devido ao seu grande número de proteínas). O movimento dos fluidos do líquido intersticial para os capilare sangüíneos é chamado de ***reabsorção***. Isto previne o moviment de fluidos em uma única direção e seu acúmulo nos espaço intersticiais.

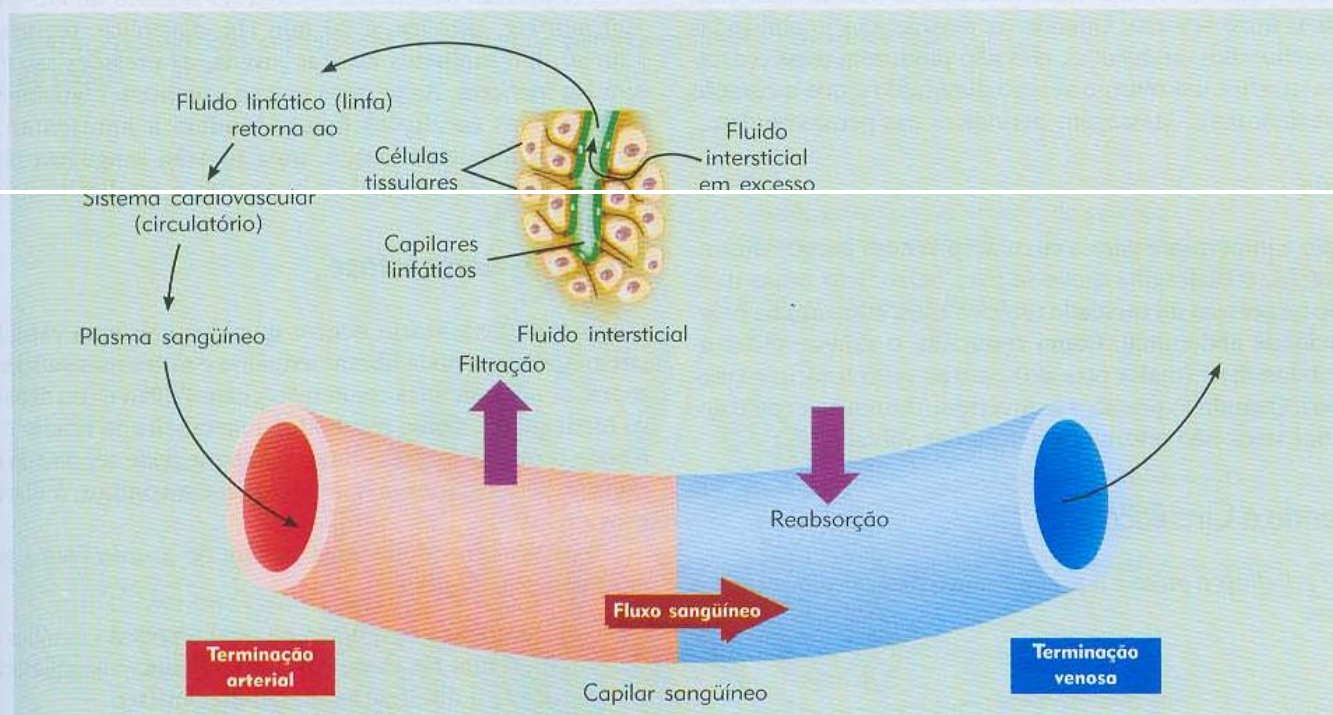
Por volta de 85% do fluido filtrado na terminação arterial d um capilar é reabsorvido na sua terminação venosa. O restante d fluido filtrado e qualquer proteína que escape do sangue para líquido intersticial é devolvido ao sistema cardiovascular atrav do sistema linfático.

Fatores que Auxiliam no Retorno Venoso

Objetivo: *Descrever como o sangue retorna ao coração.*

Alguns fatores auxiliam no retorno venoso, o fluxo sangüíneo d volta ao coração através das veias: (1) ação de bombeamento d coração, (2) velocidade do fluxo sangüíneo, (3) contrações dos músculos estriados esqueléticos, (4) valvas (conjunto de válvulas) venosas e (5) respiração.

igura 16.5 Trocas capilares.

A pressão hidrostática move os fluidos para fora dos capilares (filtração), enquanto a pressão osmótica move os fluidos para o interior dos capilares (reabsorção).

O que acontece aos fluidos e às proteínas que não são reabsorvidos na terminação arterial de um capilar?

ção de Bombeamento Cardíaco

diferença de pressão entre as vênulas (aproximadamente 16 mm Hg na média) e o átrio direito (0 mm Hg), embora pequena, é suficiente para ajudar no retorno venoso ao coração. Adicionalmente, durante a contração ventricular, aumenta o tamanho do átrio. Esta ação suga o sangue das grandes veias para o interior do átrio e contribui com o retorno venoso, especialmente quando os batimentos cardíacos estão acelerados.

elocidade do Fluxo Sangüíneo

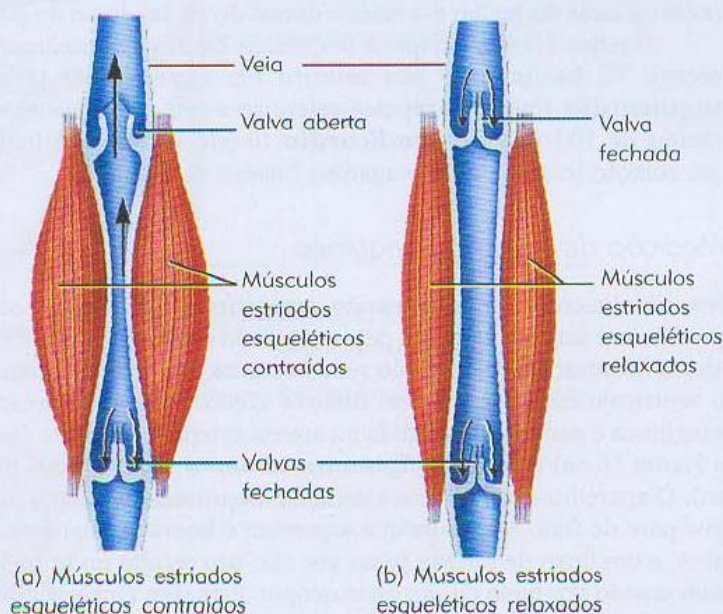
A velocidade do fluxo sangüíneo depende da área de seleção do vaso sangüíneo. Cada vez que uma artéria se ramifica, a área de secção total das ramificações é maior que a do vaso original. O sangue flui mais lentamente onde a área de secção é maior. Assim sendo, a velocidade do sangue diminui à medida que ele flui da aorta para as artérias, arteríolas e capilares. A velocidade nos capilares é a menor de todo o sistema cardiovascular. Uma velocidade diminuída permite tempos de trocas (difusão) adequados entre os capilares e os tecidos. À medida que os vasos sangüíneos deixam os capilares e se aproximam do coração, diminui sua área de secção. Assim sendo, a velocidade do sangue *aumenta* à medida que ele flui dos capilares para as vênulas, veias e coração.

Contrações dos Músculos Estriados Esqueléticos e Valvas Venosas

As contrações dos músculos estriados esqueléticos e as valvas venosas trabalham em combinação para ajudar no retorno venoso.

Figura 16.6 Papel das contrações dos músculos esqueléticos e das valvas venosas no retorno sangüíneo ao coração.

O retorno venoso depende da ação de bombeamento do coração, da velocidade do fluxo sangüíneo, das contrações dos músculos esqueléticos, das valvas venosas e da respiração.

(a) Músculos estriados esqueléticos contraídos (b) Músculos estriados esqueléticos relaxados

Quando os músculos estriados esqueléticos contraem-se e comprimem as veias a pressão dirige o sangue para o coração. Como é chamada esta ação?

Muitas veias, especialmente nos membros, contêm valvas. Quando os músculos esqueléticos contraem-se, eles pressionam as paredes das veias que os cruzam e as valvas abrem-se. Esta pressão dirige o sangue ao coração – a ação é chamada de ***"ordenha"*** (Figura 16.6). Quando os músculos relaxam, as valvas fecham-se para evitar o fluxo reverso. Quando as pessoas são imobilizadas devido a machucados ou doenças, elas não produzem estas contrações, o que significa um retorno venoso diminuído e que o coração tem de trabalhar mais. Massagens periódicas nas pernas ajudam.

Respiração

A respiração é importante para a circulação venosa porque durante a inspiração, o diafragma move-se para baixo. Isto causa uma diminuição na pressão da cavidade torácica e um aumento na pressão da cavidade abdominal. Como resultado, o sangue move-se das veias abdominais (maior pressão) para as veias torácicas (menor pressão). Quando as pressões se invertem, durante a expiração, o sangue nas veias não retorna pela ação das válvulas.

Examinando a Circulação

Objetivo: *Definir o pulso e a pressão sangüínea e descrever como são medidos.*

Pulso

A expansão e a retração elástica alternadas de uma artéria em cada contração do ventrículo esquerdo é chamada de *pulso*. O pulso é mais forte nas artérias próximas ao coração. Ele se torna mais fraco à medida que passa através do sistema arterial até desaparecer totalmente nos capilares. A artéria radial no punho é a mais comumente utilizada para sentir o pulso. Outras incluem a artéria braquial junto à parte medial do músculo bíceps do braço, a artéria carótida comum, próxima à laringe, que é freqüentemente monitorada durante o ressuscitamento cardiovascular, a artéria poplítea atrás do joelho e a artéria dorsal do pé no dorso do pé.

O pulso é o mesmo que a freqüência cardíaca, aproximadamente 75 batimentos por minuto em repouso. O termo ***taquicardia*** (*taquy* = rápido) refere-se a um pulso acelerado (acima de 100/min). A ***bradicardia*** (*brady* = devagar) indica um coração lento ou pulso vagaroso (menos de 60/min).

Medição da Pressão Sangüínea

No uso clínico, o termo ***pressão sangüínea (PS)*** refere-se à pressão nas artérias exercida pelo ventrículo esquerdo quando em sístole (contração) e a pressão remanescente nas artérias quando o ventrículo esquerdo está em diástole (relaxamento). A pressão sangüínea é geralmente medida na artéria braquial esquerda (veja a Figura 16.8a) com um ***esfigmomanômetro*** (*esphygmo* = pulso). O aparelho é inflado e a artéria é comprimida até que o sangue pare de fluir. À medida que a pressão é liberada, a artéria se abre, e um fluxo de sangue passa por ela. Isto resulta no primeiro som ouvido por meio de um estetoscópio. Este som corresponde à ***pressão arterial sistólica*** – a força com a qual o sangue é empurrado contra as paredes arteriais durante a contração ventricular. A pressão registrada quando os sons se enfraquecem repentinamente é chamada de ***pressão arterial diastólica***. Ela mede a força do sangue remanescente nas artérias durante o relaxamento ventricular. Enquanto que a pressão sistólica indica a força de contração ventricular esquerda, a pressão diastólica fornece informação sobre a resistência dos vasos sangüíneos.

A pressão sangüínea normal no homem adulto jovem é de 120 mm Hg, sistólica, e 80 mm Hg, diastólica, registrada como 120/80. Em mulheres adultas jovens, as pressões são de 8 a 10 mm Hg menores. As pessoas que se exercitam regularmente e estão em boas condições físicas tendem a apresentar pressões sangüíneas menores. Assim, uma pressão sangüínea menor que 120/80 pode ser um sinal de boa saúde e condicionamento físico.

Choque e Homeostase

O ***choque*** circulatório ocorre quando o sistema cardiovascular circulatório não pode liberar oxigênio e nutrientes suficientes para suprir as necessidades celulares. A causa disto é um débito cardíaco inadequado. Como resultado, o metabolismo celular é anormal e pode ocorrer a morte celular. O choque pode ser devido à hemorragia, à desidratação, a queimaduras e a vômitos, à diarréia ou suor excessivos.

Os sintomas do choque variam de acordo com a gravidade das condições seguintes:

1. Baixa pressão sangüínea na qual a pressão sistólica é menor que 90 mm Hg como resultado de uma vasodilatação generalizada e diminuição do débito cardíaco.
2. Pele enrugada, pálida e fria devido à vasoconstrição de seus vasos sangüíneos.
3. Suor devido à estimulação simpática.
4. Formação reduzida de urina decorrente de baixa pressão sangüínea e níveis aumentados de aldosterona e hormônios antidiuréticos (ADH).
5. Estado mental alterado devido ao suprimento reduzido de oxigênio ao cérebro.
6. Taquicardia (pulso e freqüência cardíaca rápidos) decorrente da estimulação simpática e dos níveis aumentados de epinefrina (adrenalina).
7. Pulso fraco, acelerado devido à vasodilatação generalizada e ao débito cardíaco reduzido.
8. Sede decorrente de perda de líquido extracelular.
9. Náuseas decorrentes de circulação impedida aos órgãos digestórios.

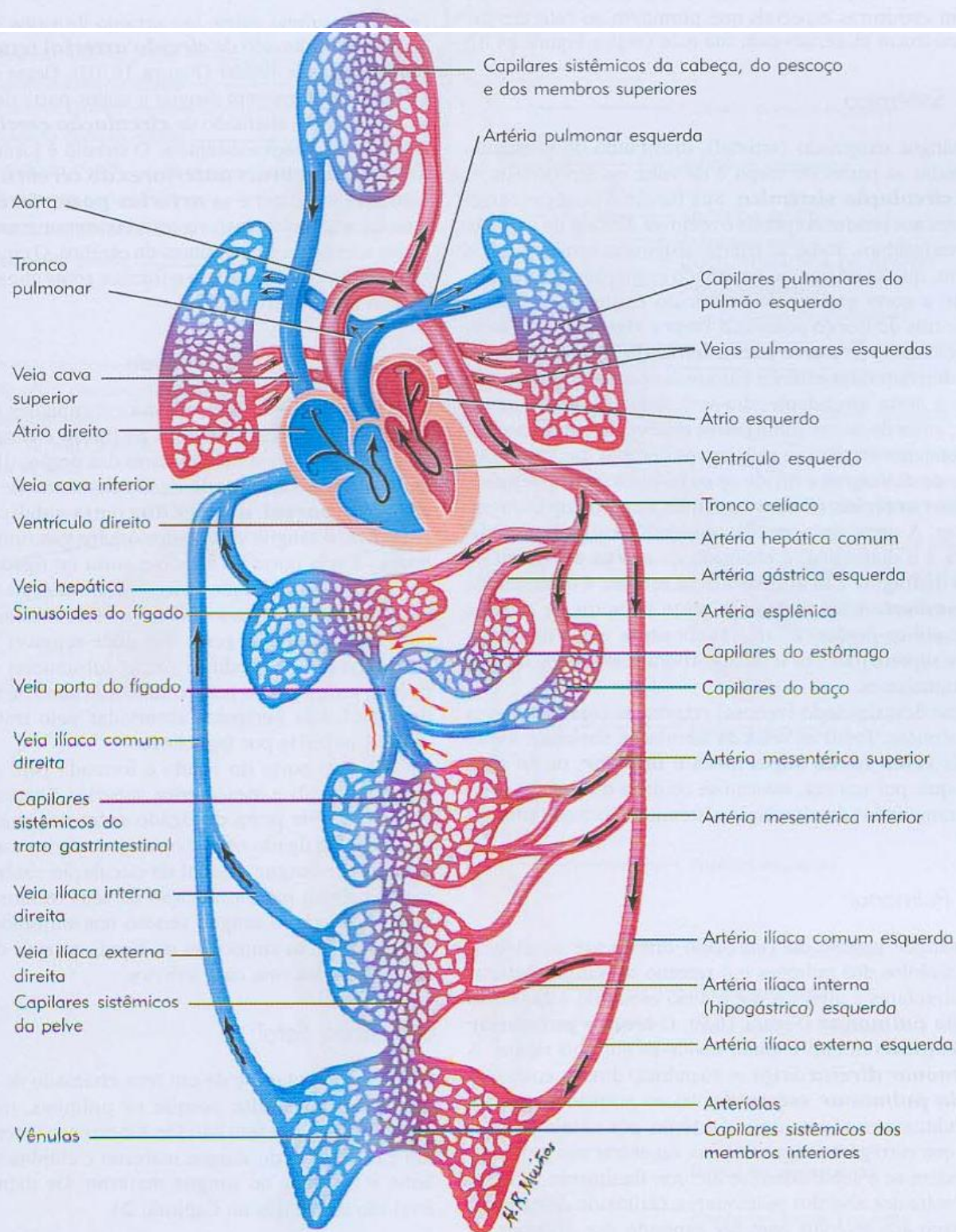
Rotas Circulatórias

Objetivo: *Comparar as principais rotas circulatórias através de várias regiões do corpo.*

Os vasos sangüíneos são organizados em rotas que garantem a circulação de sangue através de todo o corpo.

A Figura 16.7 mostra as *rotas circulatórias básicas*. Como descrito anteriormente, as duas rotas circulatórias básicas são a sistêmica e a pulmonar. A circulação sistêmica inclui todas as artérias e arteríolas que transportam o sangue oxigenado arterial do ventrículo esquerdo aos capilares, mais as veias e as vênulas que transportam o sangue desoxigenado (venoso) até o átrio direito. O sangue que deixa a aorta e circula pelas artérias sistêmicas possui uma cor vermelha viva. À medida que ele se move em direção aos capilares, o mesmo perde oxigênio e absorve dióxido de carbo-

Figura 16.7 Rotas circulatórias. O padrão geral da circulação. As setas pretas grandes indicam a circulação sistêmica, as setas pretas pequenas indicam a circulação pulmonar e as setas vermelhas a circulação do fígado. Os detalhes da circulação pulmonar são mostrados na Figura 16.9 e os detalhes da circulação portal do fígado são mostrados na Figura 16.11.

Os vasos sangüíneos são organizados em rotas que distribuem sangue aos vários tecidos do corpo.

Quais as duas principais rotas circulatórias?

no de tal forma que o sangue nas veias sistêmicas adquire uma coloração vermelha escura.

Quando o sangue retorna ao coração pela rota sistêmica, ele é bombeado para fora do ventrículo direito através da ***circulação pulmonar*** até os pulmões. Nos pulmões, ele troca o dióxido de carbono pelo oxigênio e fica novamente vermelho vivo, retornando ao átrio esquerdo do coração antes que reinicie a circulação sistêmica.

Outra rota principal, a *circulação fetal*, existe somente no feto e contém estruturas especiais que permitem ao feto em desenvolvimento trocar materiais com sua mãe (veja a Figura 24.8).

Circulação Sistêmica

O fluxo de sangue oxigenado (arterial), distribuído do ventrículo esquerdo a todas as partes do corpo e de volta ao átrio direito, é chamado de ***circulação sistêmica***. Sua função é carregar oxigênio e nutrientes aos tecidos corporais e remover dióxido de carbono além de outros resíduos. Todas as artérias sistêmicas ramificam-se a partir da *aorta*, que se origina no ventrículo esquerdo do coração.

Quando a aorta emerge do ventrículo esquerdo, ela sobe, passando por trás do tronco pulmonar (veja a Figura 16.9). Neste ponto, ela é chamada de ***parte ascendente da aorta***. Da aorta ascendente, derivam duas artérias coronárias para o músculo cardíaco. Então a aorta ascendente vira-se à esquerda, formando o *arco da aorta*, antes de descer como ***parte descendente da aorta***. A aorta descendente localiza-se próximo aos corpos das vértebras, passa através do diafragma e divide-se ao nível da quarta vértebra lombar em duas ***artérias ilíacas comuns***, que irrigam os membros inferiores. A parte da aorta descendente localizada entre o arco da aorta e o diafragma, é chamada de ***aorta torácica***. A parte entre o diafragma e as artérias ilíacas comuns é chamada de ***aorta abdominal***. A partir de cada parte da aorta, as artérias ramificam-se até os órgãos, e, ali, ramificam-se em arteríolas e capilares, que suprem todos os tecidos corporais, exceto os sáculos alveolares pulmonares.

O sangue desoxigenado (venoso) retorna ao coração através das veias sistêmicas. Todas as veias da circulação sistêmica fluem em direção às ***veias cavas superiores e inferior***, ou ao ***seio coronário***, que, por sua vez, esvazia-se no átrio direito. Os principais vasos sangüíneos da circulação sistêmica são mostrados na Figura 16.8.

Circulação Pulmonar

O fluxo do sangue venoso do ventrículo direito até os sáculos alveolares e alvéolos dos pulmões e o retorno do sangue arterial dos sáculos alveolares e alvéolos até o átrio esquerdo é chamado de ***circulação pulmonar*** (Figura 16.9). O ***tronco pulmonar*** emerge do ventrículo direito e então divide-se em dois ramos. A ***artéria pulmonar direita*** dirige-se ao pulmão direito, enquanto que a ***artéria pulmonar esquerda*** vai ao pulmão esquerdo. As artérias pulmonares são as únicas artérias pós-natais (após o nascimento) que carregam sangue venoso. Ao entrar nos pulmões, os ramos dividem-se e subdividem-se até que finalmente formam capilares em volta dos alvéolos pulmonares. O dióxido de carbono passa do sangue aos alvéolos para ser expirado dos pulmões. O oxigênio inspirado passa dos alvéolos para o sangue. Os capi se unem; vênulas e veias são formadas; e, finalmente, duas vei ***pulmonares*** de cada pulmão transportam o sangue arterial a átrio esquerdo. As veias pulmonares são as únicas veias pós-na que carregam sangue arterial. As contrações do ventrículo esqu do, então, enviam o sangue à circulação sistêmica.

Circulação Cerebral

Dentro do crânio existe um arranjo de vasos sangüíneos na ba do cérebro chamado de ***círculo arterial*** *(arterioro)* ***do cérebr*** *(ou polígono de Willis)* (Figura 16.10). Deste círculo se origina artérias que fornecem sangue à maior parte do encéfalo. Este f xo sangüíneo é chamado de ***circulação cerebral*** e é uma sub visão da circulação sistêmica. O círculo é formado pela união d ***artérias cerebrais anteriores do cérebro*** (ramos das artéri carótidas internas) e as ***artérias posteriores do cérebro*** (r mos da artéria basilar). As artérias comunicantes conectam as a térias anteriores e posteriores do cérebro. O círculo equaliza a pr são sangüínea no encéfalo e fornece rotas alternativas, em caso d dano a alguma artéria.

Circulação Portal do Fígado

Uma veia que começa e termina em capilares é denominada um veia porta. Tal veia associada ao fígado é chamada de veia port do fígado. Ela inicia nos capilares dos órgãos digestórios e termi em estruturas capilares do fígado chamadas de sinusóides. Na cir***culação portal do fígado***, outra subdivisão da circulaçã sistêmica, o sangue venoso dos órgãos gastrintestinais e do baço levado à veia porta do fígado e entra no fígado antes de retorna ao coração. Este sangue é rico em substâncias absorvidas do tra gastrintestinal. O fígado monitora estas substâncias antes que ela passem à circulação geral. Ele pode remover glicose excessiva armazená-la. Ele modifica certas substâncias digeridas para qu possam ser utilizadas pelas células. Ele também faz a desintoxicaçã de substâncias perigosas absorvidas pelo trato gastrintestinal destrói bactérias por fagocitose.

A veia porta do fígado é formada pela união das veias esplênica (lienal) e mesentérica superior (Figura 16.11). O sangu venoso da veia porta do fígado entra nos sinusóides. Ao mesm tempo que o fígado recebe o sangue venoso e atua sobre ele, também recebe sangue arterial da circulação sistêmica via artéria hepática própria para a nutrição de seus tecidos. O sangue arterial mistura-se com o sangue venoso nos sinusóides. Por fim, todo o sangue deixa os sinusóides do fígado através das veias hepáticas, que entram na veia cava inferior.

Circulação Fetal

O sistema circulatório de um feto, chamado de ***circulação fetal***, difere de um adulto porque os pulmões, os rins e os órgãos digestórios de um feto não são funcionais. O feto obtém seu oxigênio e nutrientes do sangue materno e elimina seu dióxido de carbono e resíduos no sangue materno. Os detalhes da circulação fetal são discutidos no Capítulo 24.

Figura 16.8 Principais vasos sangüíneos da circulação sistêmica.

Todas as artérias sistêmicas ramificam-se da aorta; as veias sistêmicas drenam seu sangue às veias cavas inferior e superior e seio coronário.

(a) Vista geral anterior

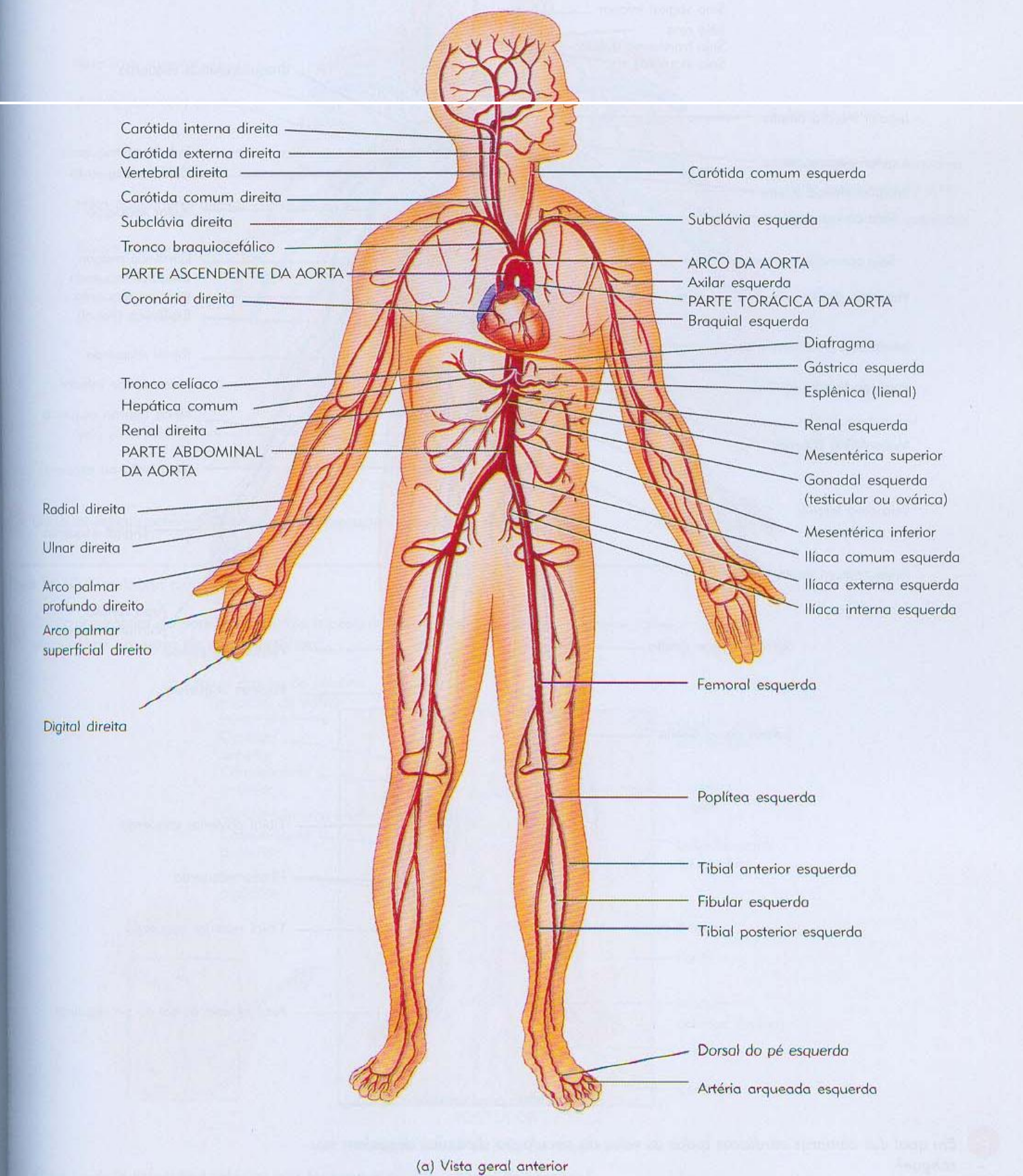
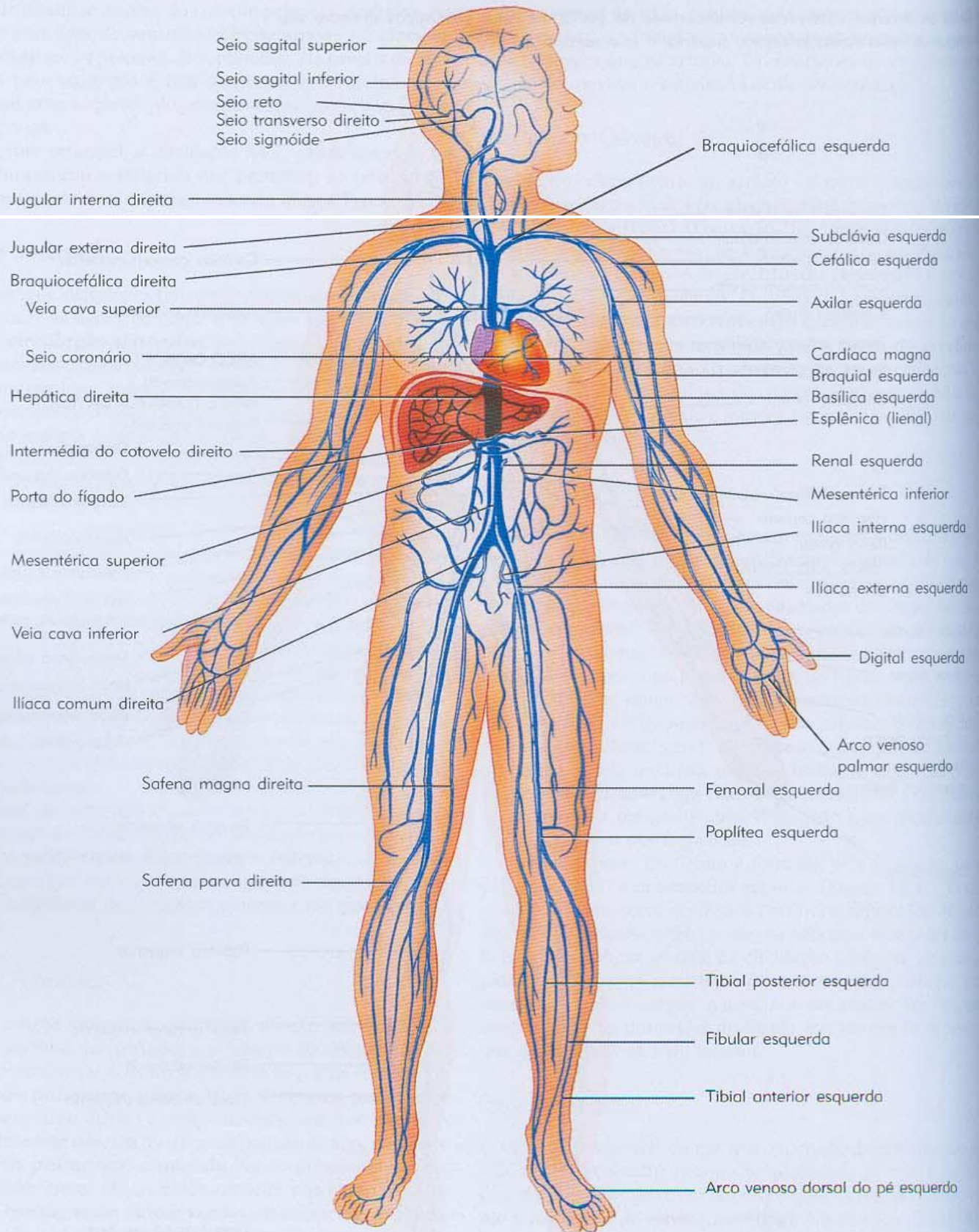



Figura 16.8 (*Continuação*)

(b) Vista geral anterior

P *Em qual das câmaras cardíacas todas as veias da circulação sistêmica despejam seu sangue?*

Figura 16.9 Circulação pulmonar.

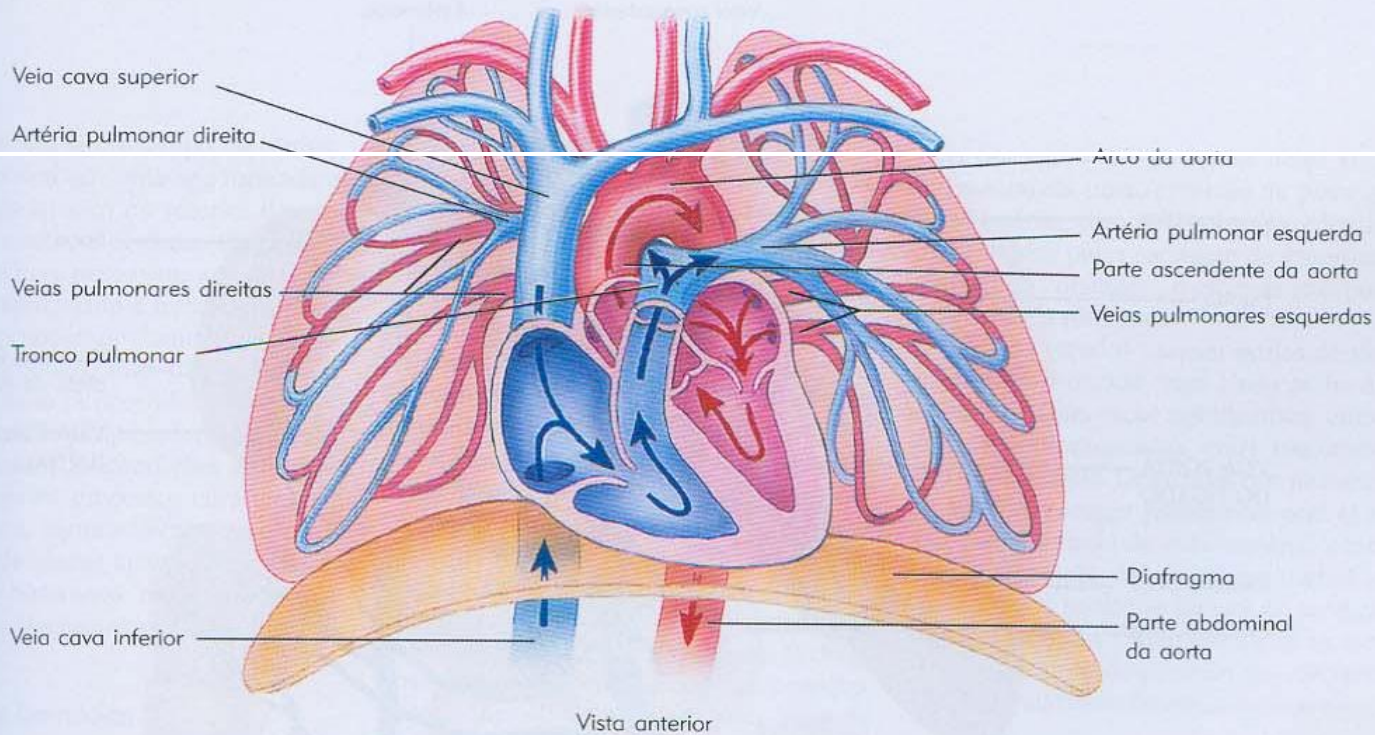
A circulação pulmonar traz sangue venoso do ventrículo direito aos pulmões e retorna o sangue arterial dos pulmões ao átrio esquerdo.

Quais as únicas artérias pós-natais que transportam sangue venoso?

Figura 16.10 Circulação cerebral.

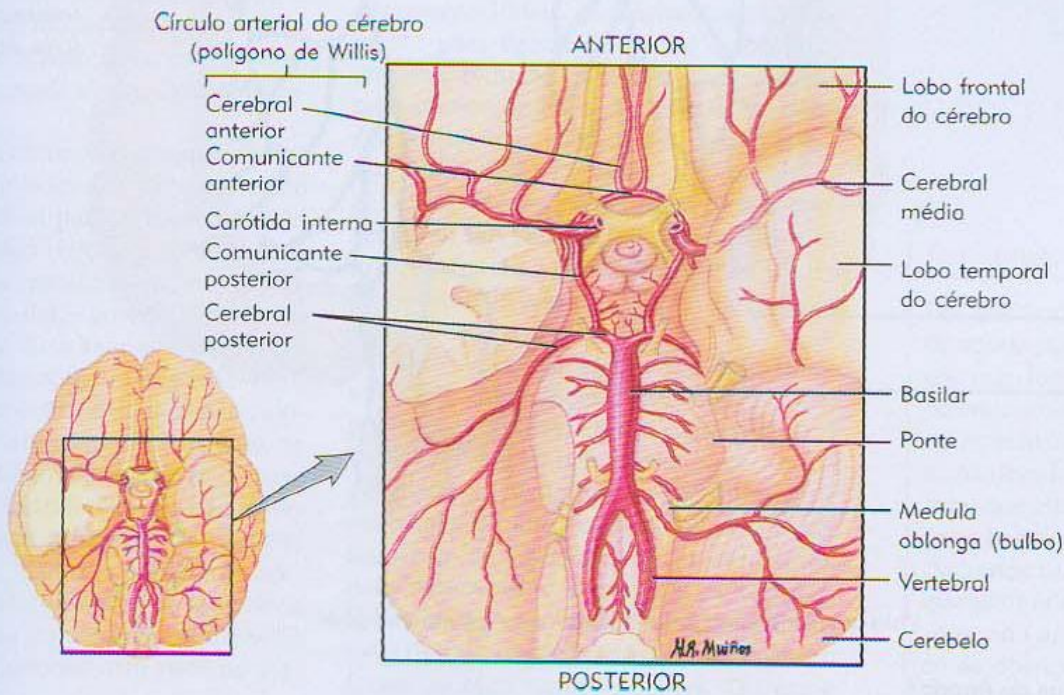
O círculo arterial do cérebro equaliza a pressão sangüínea encefálica e fornece rotas alternativas em caso de danos arteriais.

Quais as duas principais artérias que formam o círculo arterial do cérebro?

Figura 16.11 Circulação porta do fígado.

A circulação porta do fígado distribui sangue venoso dos órgãos gastrintestinais e baço ao fígado.

Veia cava inferior

Estômago

Veia hepática

Fígado

Baço

Pâncreas (posicionado atrás do estômago)

VEIA ESPLÊNICA (LIENAL)

VEIA PORTA DO FÍGADO

Vesícula biliar

Intestino delgado

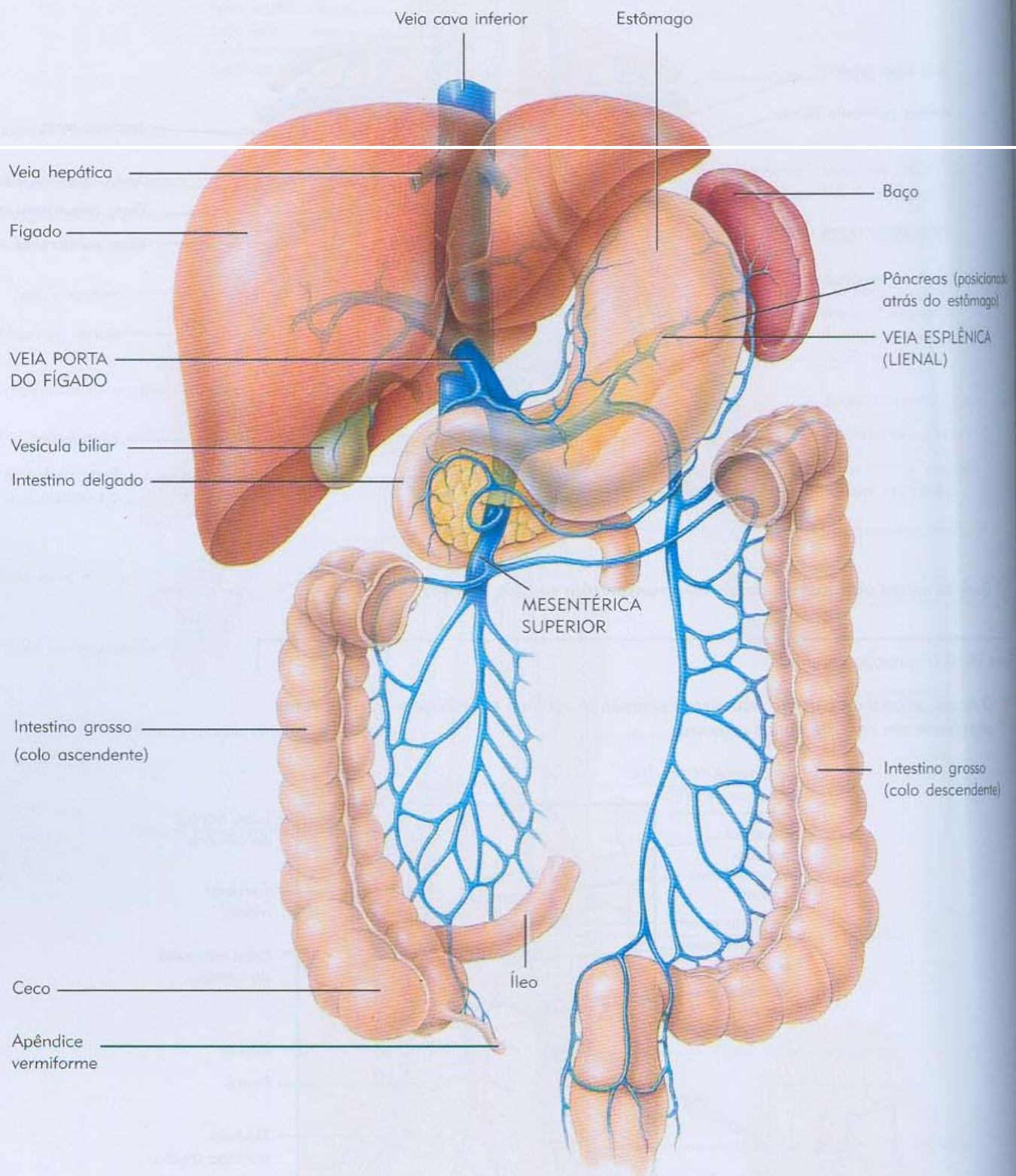
MESENTÉRICA SUPERIOR

Intestino grosso (colo ascendente)

Intestino grosso (colo descendente)

Ceco

Íleo

Apêndice vermiforme

Vista anterior das veias que formam a veia porta do fígado

P *Que veias retiram sangue do fígado?*

foco no bem-estar

Saúde Arterial: Desfazendo os Danos da Aterosclerose

Há não muito tempo, os cientistas acreditavam que uma vez formada a placa aterosclerótica no interior das artérias, ela nunca se desfazia. Os pesquisadores médicos pensavam que um estilo de vida apropriado e tratamentos farmacológicos poderiam diminuir o processo aterosclerótico, mas não poderiam reverter o dano já ocorrido. Entretanto, recentemente os pesquisadores descobriram que, dadas as condições apropriadas, os próprios processos curativos do corpo podem, algumas vezes, reverter a deposição de placas arteriais. Esta notícia trouxe esperança para milhões de americanos diagnosticados com doenças arteriais.

Controle dos Exercícios

O primeiro passo na prevenção, na diminuição, e, espera-se, na reversão da doença arterial é o controle dos fatores de risco associados à sua progressão. É claro que alguns riscos estão fora de controle: história familiar, raça, sexo e idade. Mas muitos fatores podem ser modificados por uma mudança no estilo de vida e, algumas vezes, mudanças deste combinadas com medicação, se o estilo de vida, por si só, não produzir um controle adequado.

Quem não conhece as recomendações que a saúde pública faz para um estilo de vida saudável para o coração? Não fumar, exercícios regulares (pelo menos 30 minutos de exercícios de intensidade moderada por dia), gerenciamento do estresse e uma dieta saudável para o coração. Esta última inclui ingestão limitada de gorduras (30% da ingestão calórica diária) e aumento do consumo de plantas, tais como grãos, frutas e vegetais. Estas recomendações ajudam a prevenir as doenças arteriais pela redução da obesidade, lipídios sangüíneos, atividade plaquetária e pressão sangüínea e pelo aumento do controle da ingestão de açúcar em pessoas com risco de diabete tipo II.

As Recomendações para a Saúde do Coração São Suficientes?

As pessoas que criam as normas de saúde pública, tais como o "consumo de menos de 30% de calorias provenientes de gorduras", têm um trabalho difícil. Seu objetivo é ponderar todas as evidências científicas disponíveis e propor recomendações que sejam suficientemente simples e práticas para que todos possam seguir. Alguns pesquisadores acreditam que, embora as recomendações atuais de saúde pública estejam corretas para muitos norte-americanos, elas não são suficientemente rígidas para pessoas com alto risco de desenvolvimento de doenças arteriais, ou para aquelas já diagnosticadas com aterosclerose. Estes pesquisadores acreditam que algumas pessoas estão desejosas e prontas a fazer alterações maiores no seu estilo de vida, que ofereçam uma vantagem significativa sobre as recomendações gerais de saúde pública, e não deveriam ser limitadas a estas recomendações gerais.

Muitos estudos compararam participantes que ou (1) receberam cuidados médicos convencionais, que incluem aconselhamento para deixar de fumar, controle do estresse, redução da ingestão de gordura para menos de 30% da ingestão calórica diária e exercícios regulares, ou (2) seguiram modificação do estilo de vida mais rígida. Nestes estudos, o último grupo experimentou um grau significativamente maior de regressão da placa, ou ao menos uma diminuição da velocidade de progressão da mesma.

O que significa "rígido"? O mais rígido são as recomendações aos pacientes que participam do *Dean Ornish's Lifestyle Heart Trial*. Elas consumiam uma dieta com 6,8% de gorduras, faziam mais de 4 horas de exercícios diários, paravam de fumar e participavam de 1 hora de treinamento diário para relaxamento e controle de estresse. E, enquanto seus estilos de vida foram os mais rígidos, os resultados obtidos também foram os mais surpreendentes. Oitenta e dois por cento dos pacientes neste grupo apresentaram uma regressão da placa nas suas artérias coronárias, comparados aos 10% obtidos pelos pacientes do grupo convencional. Conclusão: o estilo de vida pode fazer toda a diferença.

Outros estudos usaram estilos de vida de menos demanda, mas ainda assim encontraram diferenças significativas, embora menos pronunciadas, entre tratamento e grupo-controle. Os estudos que incluíram terapia com drogas juntamente com as alterações do modo de vida, também observaram regressão das placas em muitos indivíduos. Os melhores fatores de predição da regressão das placas em todos os estudos foram uma diminuição do colesterol LDL e um aumento da capacidade aeróbica.

Pensamento Crítico

Por que você imagina que os agentes de saúde pública recomendam uma dieta que fornece no máximo 30% das calorias proveniente das gorduras, quando os estudos encontraram que tal dieta não leva à regressão das placas? Você acha que esta recomendação deveria ser mais baixa? Discuta seus motivos para discordar ou concordar (lembre-se de que estas normas são para todas as pessoas, não apenas para aquelas com risco de doenças arteriais).

Doenças Comuns

Hipertensão

A *hipertensão* ou pressão alta persistente, é definida como uma pressão sistólica de 140 mm Hg ou mais e uma pressão diastólica de 90 mm Hg ou mais. Lembre-se de que o normal é uma pressão de 120/80 em um homem adulto saudável. Nas sociedades industrializadas, a hipertensão é a doença mais comum do coração e dos vasos sangüíneos; ela é a maior causa de insuficiência cardíaca, doenças renais e infarto. Os valores de pressão sangüínea para adultos podem ser classificados em:

Normal	Sistólica menor que 130 mm Hg; diastólica menor que 85 mm Hg
Normal alta	Sistólica 130-139; diastólica 85-89
Hipertensão	Sistólica 140 ou maior; diastólica 90 ou maior

A pressão alta pode ser controlada com dieta, exercícios físicos e/ou medicação.

Aneurisma

Um *aneurisma* é uma seção fina e enfraquecida de uma artéria ou veia que se protubera ao exterior, formando um saco, como um balão, no vaso sangüíneo. As causas comuns incluem aterosclerose, sífilis, defeitos congênitos dos vasos sangüíneos e traumatismos.

Trombose Venosa Profunda (TVP)

A trombose venosa, que é a presença de um trombo (coágulo) em uma veia, ocorre tipicamente nas veias profundas dos membros inferiores e é referida como *trombose venosa profunda (TVP)*. Uma complicação grave é o *embolismo pulmonar*, no qual o trombo (ou parte dele) desprende-se e segue o fluxo arterial pulmonar.

Terminologia e Condições Médicas

Aortografia Exame de raio X da aorta e suas ramificações após a injeção de corantes radiopacos.

Arterite *(ITIS = inflamação de)* Inflamação de uma artéria, provavelmente devido a uma resposta auto-imune.

Parada cardíaca Parada completa dos batimentos cardíacos.

Endarterectomia carótida A remoção da placa aterosclerótica da artéria carótida para restaurar um maior fluxo sangüíneo ao cérebro.

Claudicação Dor e aleijamento causados por uma deficiência circulatória nos vasos sangüíneos dos membros.

Hipercolesterolemia (*hyper* = excesso; *heme* = sangue) Um excesso de colesterol sangüíneo.

Hipotensão (*hypo* = baixo; *tension* = tensão) Baixa pressão sangüínea; termo mais comumente utilizado para descrever uma queda aguda da pressão sangüínea que ocorre no choque circulatório.

Oclusão O fechamento ou obstrução da luz de uma estrutura tal como um vaso sangüíneo.

Hipotensão ortostática (*ortho* = retilíneo; *statikos* = manter-se) Uma baixa excessiva da pressão sangüínea sistêmica quando o indivíduo assume uma postura em pé, ereta ou semi-ereta; é geralmente um sinal de doença. Pode ser causado por uma perda excessiva de fluidos, certas drogas (anti-hipertensivas) e fatores cardiovasculares ou neurogênicos. Também chamada de *hipotensão postural*.

Flebite (*phleb* = veia) Inflamação de uma veia, em geral nas pernas. A condição é freqüentemente acompanhada de dor e vermelhidão da pele cobrindo a veia inflamada. Ela é com freqüência causada por traumatismos ou infecções bacterianas.

Doença de Raynaud Uma doença vascular, principalmente em mulheres, caracterizada por ataques de isquemia (falta de irrigação sangüínea suficiente) bilateral, geralmente dos dedos das mãos ou pés, na qual a pele torna-se pálida e exibe sinais de queimadura e dor; causada por resfriados ou estímulo emocional.

Síncope Uma perda temporária da consciência, desmaio. Uma causa pode ser suprimento sangüíneo cerebral insuficiente.

Trombectomia (*thrombo* = coágulo) Uma operação para remover um coágulo sangüíneo de um vaso.

Tromboflebite Inflamação de uma veia com formação de coágulo. A tromboflebite superficial ocorre nas veias abaixo da pele, especialmente na "panturrilha".

Hipertensão de "consultório" Uma síndrome encontrada em pacientes que apresentam elevada pressão sangüínea somente durante o exame médico e não durante sua vida normal.

Resumo dos Estudos

Artérias (p. 363)

1. As artérias transportam o sangue a partir do coração. Suas paredes consistem de três túnicas (camadas).
2. A estrutura da túnica média confere às artérias suas duas maiores propriedades, elasticidade e contratilidade.

Arteríolas (p. 363)

1. As arteríolas são pequenas artérias que distribuem sangue aos capilares.
2. Por meio de constrição e dilatação, elas assumem um papel fundamental na regulação do fluxo das artérias aos capilares e assim na pressão sangüínea arterial.

Capilares (p. 363)

1. Os capilares são vasos sangüíneos microscópicos através dos quais materiais são trocados entre o sangue e as células.
2. Os capilares ramificam-se para formar uma rede extensa em todo um tecido, o que aumenta a superfície e, assim, permitem uma rápida troca de grandes quantidades de material.
3. Os esfincteres pré-capilares regulam o fluxo sangüíneo através dos capilares.

Vênulas (p. 363)

1. As vênulas são pequenos vasos que se continuam dos capilares e se unem para formar as veias.
2. Elas drenam o sangue dos capilares para as veias.

Veias (p. 363)

1. As veias consistem das mesmas três túnicas presentes nas paredes das artérias, mas têm menos tecido elástico e músculo liso.
2. Elas contêm valvas que previnem o refluxo.
3. Valvas fracas podem levar à formação de veias varicosas.

Reservatórios Sangüíneos (p. 364)

1. As veias sistêmicas são coletivamente chamadas de reservatórios sangüíneos.
2. Elas armazenam sangue que, por meio da vasoconstrição, pode mover-se para outras partes do corpo se necessário.
3. Os reservatórios principais são as veias dos órgãos abdominais (fígado e baço) e pele.

Fisiologia da Circulação (p. 365)

1. O fluxo sangüíneo é determinado pela pressão sangüínea e resistência.
2. O sangue flui das regiões de maior pressão para as de menor pressão. O gradiente de pressão para a circulação sistêmica é da aorta para as grandes artérias, pequenas artérias, arteríolas, capilares, vênulas, veias, veia cava, e, finalmente, para o átrio direito.
3. A resistência refere-se à oposição ao fluxo sangüíneo causada pelo atrito (fricção) entre o sangue e as paredes dos vasos.
4. A resistência é determinada pela viscosidade do sangue, pelo comprimento e pelo diâmetro do vaso sangüíneo.
5. Os fatores que afetam a pressão sangüínea arterial incluem o débito cardíaco, o volume de sangue e a resistência periférica.
6. Qualquer fator que aumente o débito cardíaco aumenta também a pressão sangüínea.
7. À medida que o volume sangüíneo aumenta também aumenta a pressão sangüínea.
8. A resistência periférica refere-se à oposição ao fluxo sangüíneo da circulação periférica (distante do coração).
9. Para que se mantenha a homeostase da pressão sangüínea existem: um centro regulador cardiovascular na medula oblonga (bulbo) que recebe os sinais dos receptores distribuídos pelo corpo (barorreceptores, quimiorreceptores), pelos centros cerebrais superiores e pelas substâncias químicas.
10. O centro vasomotor, localizado no centro cardiovascular, controla o diâmetro das arteríolas para a regulação da pressão sangüínea.
11. Os barorreceptores, os neurônios sensíveis à pressão, enviam impulsos ao centro cardiovascular e ao centro vasomotor para a regulação da pressão sangüínea.
12. Os quimiorreceptores, neurônios sensíveis às concentrações de oxigênio, dióxido de carbono e íons hidrogênio, enviam impulsos ao centro vasomotor para regular a pressão sangüínea.
13. O córtex cerebral pode influenciar o centro vasomotor e isto afeta a pressão sangüínea.
14. Os hormônios, tais como a epinefrina (adrenalina) e norepinefrina (noradrenalina), aumentam a pressão sangüínea, enquanto que o peptídeo natriurético atrial a reduz.
15. A auto-regulação refere-se aos ajustes locais autônomos do fluxo sangüíneo em resposta às necessidades tissulares.
16. O movimento da água e das substâncias dissolvidas (exceto as proteínas) através dos capilares depende das diferenças de pressão encontradas entre os capilares e o espaço intersticial.
17. O retorno do sangue ao coração é mantido pela ação de bombeamento do coração, pela velocidade do fluxo sangüíneo, pelas contrações dos músculos esqueléticos, valvas venosas (especialmente nos membros) e pela respiração.

Medição da Circulação (p. 370)

Pulso (p. 370)

1. O pulso é a expansão alternada e a contração elástica de uma artéria em cada batimento cardíaco. Ele pode ser sentido em qualquer artéria localizada próxima à superfície ou sobre um tecido duro.
2. Uma taxa normal é de aproximadamente 75 batimentos por minuto.

Medida da Pressão Sangüínea (PS) (p. 370)

1. A pressão sangüínea é a pressão exercida pelo sangue sobre a parede de uma artéria quando o ventrículo esquerdo está em sístole e então diástole. Ela é medida por um esfigmomanômetro.
2. A pressão arterial sistólica é a força do sangue registrada durante a contração ventricular. A pressão arterial diastólica

é a força do sangue registrada durante o relaxamento ventricular. A pressão arterial média é de 120/80 mm Hg.

Choque e Homeostase (p. 370)

1. O choque é a falha do sistema cardiovascular em liberar quantidades adequadas de oxigênio e nutrientes para suprir as necessidades metabólicas celulares.
2. Os sintomas incluem baixa pressão sangüínea; pele fria; pálida e enrugada; sudorese; diminuição da produção de urina; estado mental alterado; taquicardia; pulso fraco e acelerado; sede e náuseas.

Rotas Circulatórias (p. 370)

1. As duas maiores rotas circulatórias são a circulação sistêmica e a circulação pulmonar.
2. Duas das subdivisões da circulação sistêmica são a circulação portal do fígado e a circulação cerebral.

Circulação Sistêmica (p. 372)

1. A circulação sistêmica envia o sangue arterial desde o ventrículo esquerdo através da aorta a todas as partes do corpo e retorna o sangue venoso até o átrio direito.
2. A aorta está dividida em parte ascendente, arco e parte descendente da aorta. De cada seção ramificam-se artérias que suprem o corpo inteiro.
3. O sangue venoso retorna ao coração através das veias sistêmicas. Todas as veias da circulação sistêmica fluem às veias cavas ou ao seio coronário. Estas, por sua vez, esvaziam-se no átrio direito.

Circulação Pulmonar (p. 372)

1. A circulação pulmonar envia o sangue venoso desde o ventrículo direito até os alvéolos pulmonares e retorna o sangue arterial dos alvéolos até o átrio esquerdo.
2. Ela permite a oxigenação do sangue para a circulação sistêmica.

Circulação Cerebral (p. 372)

1. A circulação cerebral é composta por um arranjo de artérias na base do cérebro chamada de círculo arterial do cérebro (polígono de Willis).
2. O círculo equaliza a pressão sangüínea encefálica e fornece rotas sangüíneas alternativas.

Circulação Portal Hepática (p. 372)

1. A circulação portal do fígado coleta o sangue venoso das veias do trato gastrintestinal e do baço e dirige-o para a veia porta do fígado.
2. Esta rota permite ao fígado extrair e modificar nutrientes além de fazer a desintoxicação de substâncias danosas do sangue.
3. O fígado também recebe sangue arterial da artéria hepática própria.

Auto-avaliação

1. Qual das seguintes afirmações sobre os vasos sangüíneos é verdadeira?
   a. Os capilares contêm valvas. b. As paredes arteriais são geralmente mais espessas e contêm mais tecido elástico que as paredes das veias. c. As veias transportam sangue a partir do coração. d. O sangue flui mais rapidamente através das veias. e. A pressão sangüínea nas artérias é sempre menor que nas veias.
2. Qual das seguintes afirmações NÃO é verdadeira?
   a. A regulação do diâmetro dos vasos sangüíneos depende do centro vasomotor da ponte b. O córtex cerebral pode exercer um papel na regulação da pressão sangüínea c. Os barorreceptores podem estimular o centro vasomotor d. Os quimiorreceptores são particularmente sensíveis aos níveis de CO_2 e. A histamina é considerada um vasodilatador
3. O sangue flui através dos vasos sangüíneos por causa de:
   a. estabelecimento de um gradiente de concentração b. retração elástica das veias c. estabelecimento de um gradiente de pressão d. viscosidade do sangue e. sucção criada pelo coração
4. Qual das seguintes alternativas representa a circulação pulmonar à medida que ela parte do ventrículo direito?
   a. tronco pulmonar → veias pulmonares → capilares pulmonares → artérias pulmonares b. artérias pulmonares → capilares pulmonares → tronco pulmonar → veias pulmonares c. capilares pulmonares → tronco pulmonar → artérias pulmonares → veias pulmonares d. tronco pulmonar → artérias pulmonares → capilares pulmonares → veias pulmonares e. veias pulmonares → capilares pulmonares → artérias pulmonares → tronco pulmonar
5. Os vasos sangüíneos que permitem a troca de nutrientes, resíduos, oxigênio e dióxido de carbono entre o sangue e os tecidos são:
   a. artérias b. arteríolas c. veias d. vênulas e. capilares
6. Associe as descrições aos vasos sangüíneos apropriados:

______	a. Compõem-se de uma única camada de células endoteliais e uma membrana basal	A. artérias
______	b. Têm formação pela reunião dos capilares	B. arteríolas
______	c. Regulam o fluxo sangüíneo aos capilares	C. veias
______	d. Podem conter valvas	D. vênulas
______	e. Transportam o sangue a partir do coração	E. capilares

7. Os vasos sangüíneos que servem como os principais reservatórios sangüíneos do corpo são:
   a. artérias b. arteríolas c. veias d. vênulas e. capilares
8. Faça as associações:

______	a. Fonte de todas as artérias sistêmicas	A. veia portal do fígado
______	b. Supre os membros inferiores	B. tronco pulmonar
______	c. Sistema sangüíneo do coração	C. veias pulmomonares
______	d. Retorna sangue dos membros	D. artérias ilíacas comuns inferiores
______	e. Transporta sangue ao fígado	E. circulação coronária

_____ f. Leva sangue aos pulmões — F. veia cava inferior

_____ g. Retorna o sangue dos pulmões — G. veia cava superior

_____ h. Supre o cérebro — H. aorta

_____ i. Retorna sangue da cabeça e da região superior do corpo — I. círculo arterial do cérebro

9. Se a leitura da pressão sangüínea é 120/80:
a. 120 é a pressão diastólica b. 80 é a pressão do sangue contra as artérias durante o relaxamento ventricular c. 120 é a pressão sangüínea e 80 são os batimentos por minuto d. 80 é a leitura tomada quando o primeiro som é ouvido e. o paciente apresenta um quadro grave de hipertensão

10. A pressão sangüínea seria diminuída pela:
a. epinefrina (adrenalina) e norepinefrina (noradrenalina) b. peptídeo natriurético atrial c. diminuição do diâmetro de um vaso periférico d. um aumento da viscosidade do sangue e. um aumento do débito cardíaco

11. O retorno venoso ao coração é aumentado por todos os seguintes fatores, EXCETO:
a. "ordenha" muscular esquelética b. valvas venosas c. aumento na velocidade do fluxo nas veias e nos capilares d. gradiente de pressão produzido pelo bombeamento cardíaco e. expiração durante a respiração

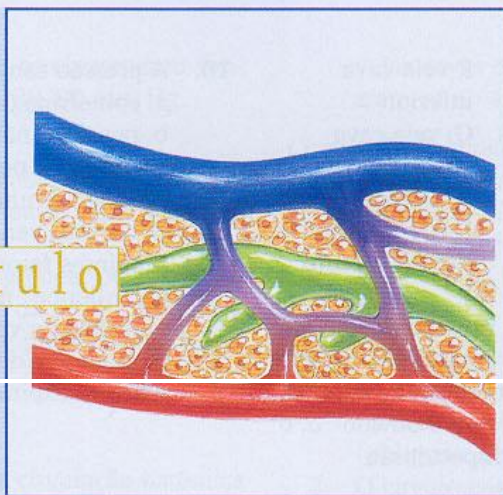
Aplicação do Pensamento Crítico

1. A injeção de um anestésico local pelo dentista freqüentemente contém epinefrina. Qual seria o efeito da epinefrina sobre os vasos sangüíneos próximos ao local do trabalho dentário? Por que este efeito seria desejado?
2. Durante um funeral muto longo, Chester ficou parado em pé, em silêncio. O ambiente estava quente e com muitas pessoas. Ao final do funeral, ele sentiu-se zonzo e duas pessoas próximas a ele desmaiaram. Como o estar parado em pé afeta a pressão sangüínea?
3. O petisco predileto de Jerry é um saco grande de pipocas com MUITA manteiga e sal. Ele come tudo durante um programa de TV junto com pelo menos 1 litro de refrigerante. Como irá este "ataque de comilança" afetar seu volume e pressão sangüíneas?
4. Quando um doador de sangue começa a se sentir tonto durante a doação, Chris coloca uma mão cheia de gelo no pescoço do doador. A pressão do doador (e seu fluxo sangüíneo para fora da veia) recobra-se rapidamente. Que porção do sistema nervoso é responsável pela rápida recuperação e como isto ocorre?
5. O pessoal da emergência médica estava medindo a pressão sangüínea de uma passageira no local de um acidente de trem. A pressão era de 90/60, sua pele estava fria e enrugada e seu pulso era de 120 batimentos por minuto. A passageira tinha sido vista caminhando em volta do acidente e parecia confusa em relação ao mesmo. Explique a condição da passageira.

Respostas às Perguntas das Figuras

16. Você já leu sobre as veias varicosas. Por que não existem artérias varicosas?

16.1 Artéria; veia.
16.2 Eles usam oxigênio e produzem resíduos mais rapidamente que os tecidos inativos.
16.3 À medida que a pressão aumenta, aumenta também o fluxo.
16.4 Músculo cardíaco no coração e músculo liso nos vasos sangüíneos.
16.5 Elas retornam pelo sistema linfático ao sistema cardiovascular (circulatório).
16.6 "Ordenha".
16.7 Sistêmica e pulmonar.
16.8 Átrio direito.
16.9 Artérias pulmonares.
16.10 Artérias anterior e posterior do cérebro.
16.11 Veias hepáticas.

O Sistema Linfático, a Resistência Inespecífica e a Imunidade

objetivos do aprendizado

1. Explicar como a linfa e o fluido intersticial estão relacionados. 383
2. Comparar a estrutura e as funções dos vários tipos de tecido linfático. 383
3. Descrever como a linfa circula por todo o corpo. 387
4. Explicar como a pele e as túnicas mucosas protegem o corpo contra as doenças. 388
5. Descrever como as várias substâncias antimicrobianas protegem o corpo contra as doenças. 389
6. Definir a fagocitose e explicar como ela ocorre. 389
7. Descrever como ocorre a inflamação e porque ela é importante. 390
8. Definir imunidade e compará-la com a resistência inespecífica às doenças. 392
9. Explicar o relacionamento entre um antígeno e um anticorpo. 393
10. Comparar as funções das imunidades celular e humoral. 393

uma visão geral

O **sistema linfático** consiste de um fluido chamado de linfa, de vasos chamados de vasos linfáticos, que transportam a linfa, de uma variedade de estruturas e órgãos, todos os quais contêm tecido linfático (linfóide), e da medula óssea vermelha, que armazena células que se transformam em glóbulos brancos chamadas de linfócitos (Figura 17.1). O ***tecido linfático*** é uma forma especializada de tecido conjuntivo reticular (veja o Quadro 3.2) que contém grandes números de linfócitos. Lembre-se do Capítulo 14 que existem dois tipos de linfócitos que participam das respostas imunes: (1) ***linfócitos B*** e (2) ***linfócitos T***. Os linfócitos B transformam-se em plasmócitos que nos protegem contra as doenças por meio da produção de anticorpos. Os linfócitos T nos protegem contra as doenças por meio da destruição das células invasoras e micróbios.

Os ***linfócitos (nódulos) linfáticos*** são massas de tecido linfático de formato oval que não são encapsuladas. Alguns folículos linfáticos são encontrados isoladamente (solitários) na túnica mucosa do trato gastrintestinal, das vias respiratórias, do trato urinário e do trato genital. Este tecido linfático é referido como ***mucosa associada ao tecido linfático***. Outros folículos linfáticos ocorrem como agrupamentos agregados em partes específicas do corpo, tais como as tonsilas palatinas (amígdalas), os folículos linfáticos agregados (nódulos ou placas de Peyer), no intestino delgado e no apêndice vermiforme. Os ***órgãos linfáticos*** do corpo – linfonodos, baço e timo – contêm tecido linfático encapsulado.

Funções

O sistema linfático apresenta diversas funções:

1. **Drenagem do fluido intersticial**. Os vasos linfáticos drenam os fluidos contendo proteínas (fluido intersticial) nos espaços intertissulares. Estes fluidos são formados pela filtração nas terminações arteriais dos capilares (veja a Figura 16.5). Os vasos linfáticos devolvem as proteínas, juntamente com qualquer fluido não-reabsorvido, ao sistema circulatório.
2. **Transporte de lipídios e vitaminas lipossolúveis**. Os vasos linfáticos transportam triglicerídeos e algumas vitaminas (A, D, E e K) do trato gastrintestinal ao sangue (veja o Capítulo 19).
3. **Proteção contra invasões**. O tecido linfático funciona na vigilância e na defesa contra invasores. Os linfócitos, com o auxílio dos macrófagos, protegem o corpo das células invasoras, dos micróbios e das células cancerosas.

Linfa e Fluido Intersticial

Objetivo: *Explicar como a linfa e o fluido intersticial estão relacionados.*

O fluido intersticial e a linfa são basicamente o mesmo fluido. A principal diferença entre os dois é sua localização. Quando o fluido banha as células, ele é chamado de ***fluido intersticial*** ou ***fluido intercelular***. Quando ele flui através dos vasos linfáticos, ele é chamado de ***linfa*** (*lympha* = água clara). Ambos os fluidos são semelhantes ao plasma, em composição. A principal diferença química é que eles contêm menos proteína que o plasma porque a maior parte das moléculas protéicas do plasma não pode ser filtrada através da parede capilar.

A cada dia, por volta de 20 litros de fluidos passam do sangue aos espaços tissulares. Este fluido, bem como as proteínas plasmáticas nele contidas, deve retornar ao sistema circulatório para manter o volume e as funções sangüíneas normais. Por volta de 85% do fluido contendo proteína filtrada na terminação arterial do capilar sangüíneo são reabsorvidos pela terminação venosa do mesmo. Este fluido é devolvido diretamente ao sangue. Os restantes 15% do fluido retomam ao sangue indiretamente. Primeiro passam ao sistema linfático e então ao sangue através das veias subclávias (veja a Figura 16.5).

Capilares Linfáticos e Vasos Linfáticos

Os vasos linfáticos originam-se como ***capilares linfáticos***, que são vasos microscópicos nos espaços intercelulares (Figura 17.2a). Eles são encontrados por todo o corpo, com exceção do tecido avascular, do sistema nervoso central e da medula óssea vermelha. Eles são ligeiramente maiores que os capilares sangüíneos e apresentam uma estrutura única que permite ao fluido intersticial fluir para seu interior, mas não para fora dos mesmos. As células endoteliais que constituem a parede de um capilar linfático não são ligadas pelas suas extremidades, mas na verdade suas extremidades se sobrepõem (Figura 17.2b). Quando a pressão é maior no fluido intersticial que na linfa, as células separam-se ligeiramente, como em uma porta "vai-vem" que se abre em um só sentido, e os fluidos entram no capilar linfático. Quando a pressão é maior no interior do capilar linfático, as células aderem-se mais firmemente e o fluido não pode escapar de volta ao fluido intersticial. Enquanto os capilares sangüíneos ligam dois vasos sangüíneos maiores que fazem parte de um circuito, os capilares linfáticos iniciam-se nos tecidos e carregam a linfa que se forma no local em direção a um vaso li nfático maior.

Os ***vasos linfáticos*** assemelham-se estruturalmente às veias, mas têm paredes mais finas, apresentam mais válvulas e contêm linfonodos em intervalos variáveis. Da mesma forma que os capilares sangüíneos convergem para formar vênulas e veias, os capilares linfáticos unem-se para formar vasos linfáticos cada vez maiores (veja a Figura 17.2). Por fim, os vasos linfáticos drenam a linfa para dois canais principais: o ducto torácico e o ducto linfático direito. Estes serão descritos a seguir.

Tecido Linfático

Objetivo: *Comparar a estrutura e as funções dos vários tipos de tecido linfático.*

Linfonodos

Os ***linfonodos*** (Figura 17.3) são órgãos ovais ou em forma de feijão, localizados ao longo dos vasos linfáticos. Eles estão distribuídos por todo o corpo, geralmente em grupos (veja a Figura 17.1).

Cada linfonodo é coberto por uma ***cápsula*** de tecido conjuntivo denso. Internamente, os linfonodos são divididos em ***folículos***, que são regiões de linfócitos T, macrófagos e linfócitos B que se desenvolvem em plasmócitos produtores de anticorpos. Por todo o linfonodo existem canais chamados de ***seios linfáticos*** e fibras reticulares.

Figura 17.1 O sistema linfático.

O sistema linfático consiste de linfa, vasos linfáticos, tecido linfático e medula óssea vermelha.

Tonsila palatina
Linfonodo submandibular
Linfonodo cervical
Ducto linfático direito
Veia subclávia direita
Timo
Vaso linfático
Ducto torácico
Cisterna do quilo
Linfonodo intestinal
Intestino grosso
Apêndice vermiforme
Medula óssea vermelha
Vaso linfático
Veia jugular interna esquerda
Ducto torácico
Veia subclávia esquerda
Linfonodo axilar
Baço
Intestino delgado
Nódulo linfático agregado (placa de Peyer)
Linfonodo ilíaco
Linfonodo inguinal
Drenado pelo ducto linfático direito
Drenado pelo ducto torácico

Vista anterior dos principais componentes do sistema linfático

RESUMO DAS FUNÇÕES DO SISTEMA LINFÁTICO

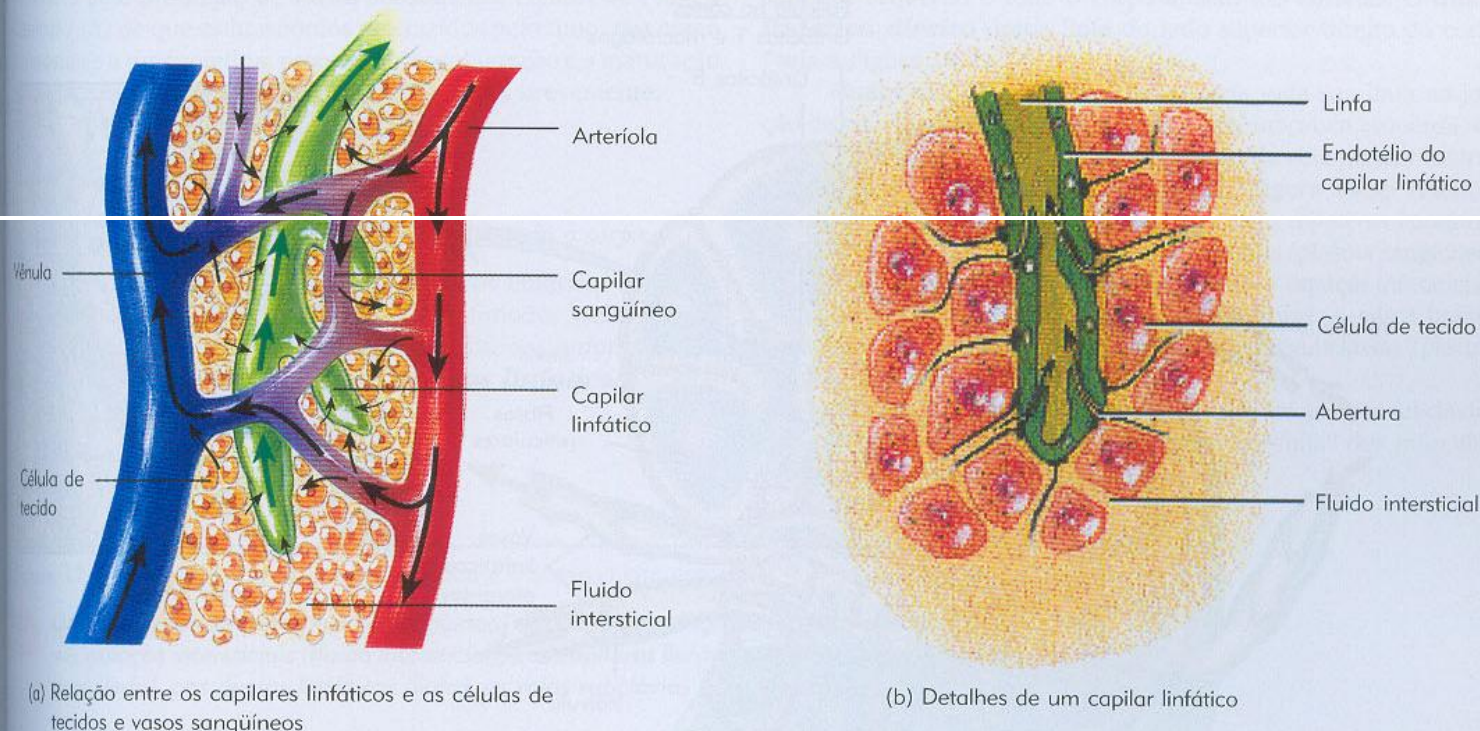
1. Drenagem do fluido intersticial em excesso no espaço intercelular.
2. Transporte das vitaminas solúveis em lipídios e dos lipídios da dieta do trato gastrintestinal para o sangue.
3. Proteção contra invasão por meio da resposta imune. Os linfócitos T destroem invasores direta ou indiretamente. Os linfócitos B se transformam em plasmócitos produtores de anticorpos.

P *O que é tecido linfático?*

Figura 17.2 Capilares linfáticos.

Os capilares linfáticos são encontrados por todo o corpo, exceto nos tecidos avasculares, no sistema nervoso central, nas porções do baço e na medula óssea vermelha.

(a) Relação entre os capilares linfáticos e as células de tecidos e vasos sangüíneos

(b) Detalhes de um capilar linfático

A linfa é mais semelhante ao plasma sangüíneo ou ao fluido intersticial?

A linfa entra em um linfonodo através de vários ***vasos linfáticos aferentes*** (*ad* = para; *ferre* = carregar). Estes vasos apresentam válvulas que se abrem em direção ao linfonodo de tal forma que a linfa é direcionada *para o seu interior*. A linfa flui através dos seios linfáticos e deixa um linfonodo através de um ou dois ***vasos linfáticos eferentes*** (*ef* = distância), que contêm vávulas que se abrem em direção contrária ao linfonodo para drenar a linfa *para o seu exterior*.

Os linfonodos filtram a linfa que passa dos espaços tissulares através dos vasos linfáticos durante seu retorno ao sistema circulatório. As fibras reticulares apreendem substâncias estranhas, que são então destruídas de uma ou mais maneiras: pelos macrófagos por fagocitose, pelos linfócitos T pela liberação de várias substâncias antimicrobianas e pelos plasmócitos, produzidos a partir dos linfócitos B, que produzem anticorpos. Os plasmócitos e os linfócitos T produzidos nos linfonodos podem circular a outras partes do corpo.

A localização dos linfonodos e a direção do fluxo da linfa são importantes no diagnóstico e no prognóstico da disseminação do câncer através de ***metástases***. As células cancerosas podem-se espalhar através do sistema linfático, produzindo agregados de células tumorais onde quer que elas se alojem. Tais locais de tumores secundários são previsíveis pela direção do fluxo linfático a partir do órgão primariamente envolvido.

Tonsilas

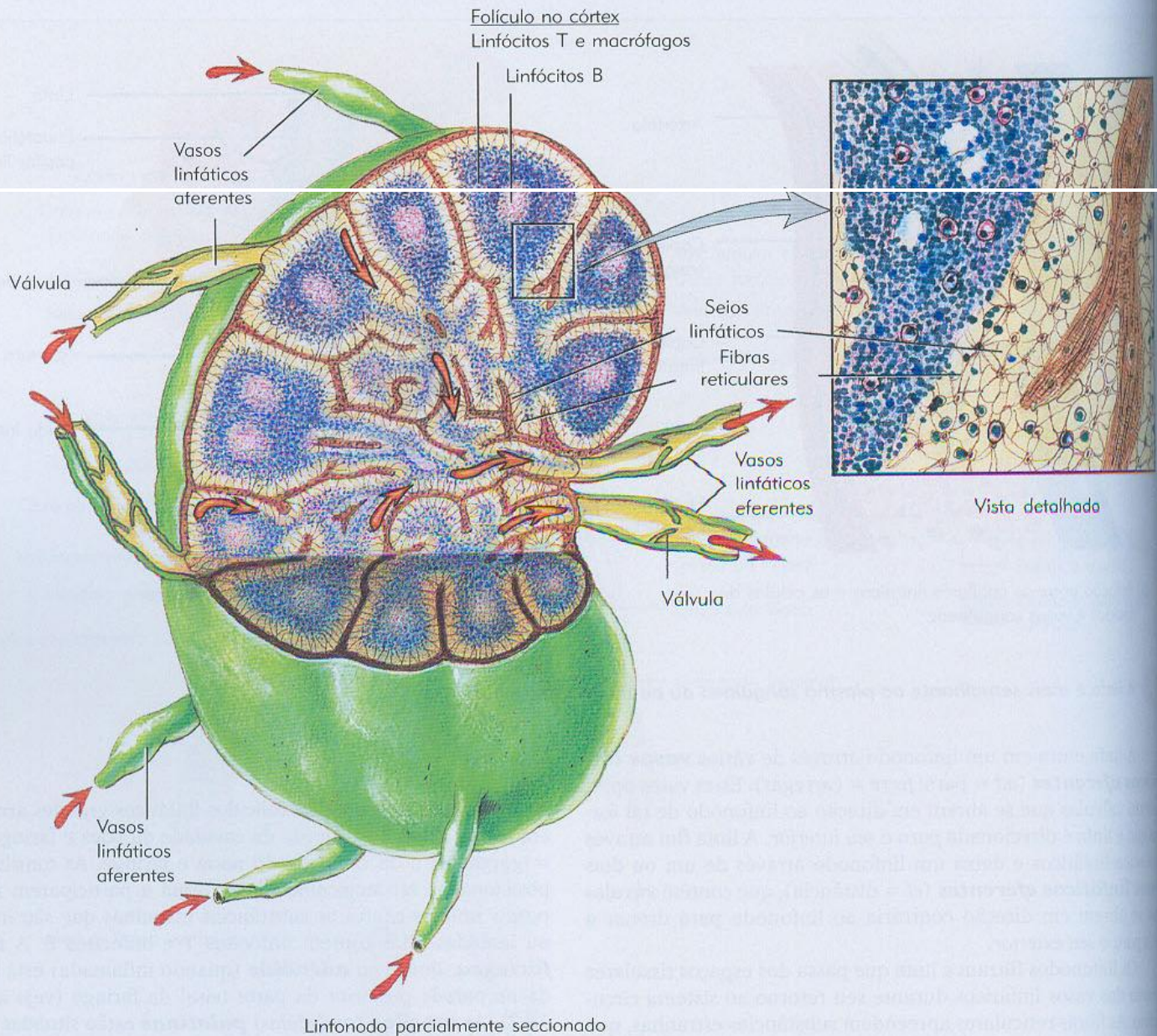
As ***tonsilas*** são grupos de folículos linfáticos grandes arranjados em forma de anel na junção da cavidade da boca e faringe (*fauce* = garganta) e da cavidade do nariz e faringe. As tonsilas estão posicionadas estrategicamente de forma a participarem nas respostas imunes contra as substâncias estranhas que são ingeridas ou inaladas. Elas contêm linfócitos T e linfócitos B. A ***tonsila faríngea***, única, *ou* ***adenóide*** (quando inflamada) está aninhada na parede posterior da parte nasal da faringe (veja a Figura 18.2). As ***tonsilas*** *(amígdalas)* ***palatinas*** estão situadas no fundo da boca (veja a Figura 19.4). Estas são as tonsilas comumente removidas por meio de uma *tonsilectomia*. A ***tonsila lingual*** está localizada na base da língua e pode também ter de ser removida por meio de uma tonsilectomia (veja a Figura 12.3a).

Baço

O ***baço***, oval, é a maior massa individual de tecido linfático no corpo (veja a Figura 17.1). Ele é coberto por uma cápsula de tecido conjuntivo denso e situa-se entre o estômago e o diafragma. O baço contém plasmócitos (células sangüíneas vermelhas), macrófagos e leucócitos (células sangüíneas brancas). Como o baço não apresenta vasos linfáticos aferentes ou seios linfáticos, ele não filtra a linfa. Entretanto, ele contém espaços para o armazenamento de sangue, uma das suas principais funções. Durante uma perda intensa de sangue, os impulsos simpáticos causam a liberação do sangue lá armazenado para manter o volume e a pressão sangüíneas.

Figura 17.3 Estrutura de um linfonodo. As setas indicam a direção do fluxo linfático.

Os linfonodos estão presentes por todo o corpo, geralmente em grupos.

Folículo no córtex
Linfócitos T e macrófagos
Linfócitos B
Vasos linfáticos aferentes
Válvula
Seios linfáticos
Fibras reticulares
Vasos linfáticos eferentes
Vista detalhada
Válvula
Vasos linfáticos aferentes
Linfonodo parcialmente seccionado

O que acontece com as substâncias estranhas na linfa que entram em um linfonodo?

O baço é o local de transformação dos linfócitos B em plasmócitos produtores de anticorpos. Aas células dentro do baço também fagocitam bactérias, glóbulos vermelhos e plaquetas danificados ou envelhecidos. Durante o desenvolvimento fetal inicial, o baço participa da formação das células sangüíneas.

O baço é o órgão mais facilmente danificado em casos de traumatismo abdominal, particularmente aqueles que envolvem impacto grave na porção inferior esquerda do tórax ou na porção superior do abdome, ou fraturem as costelas que o protegem. Tal lesão pode causar *ruptura do baço*, que determina hemorragia intensa e choque. A remoção imediata do baço, chamada de *esplenectomia*, é necessária para evitar que o paciente sangre até a morte. As funções do baço são, então, assumidas por outras estruturas, particularmente a medula óssea.

Timo

O ***timo*** é um órgão bilobado localizado atrás do esterno e entre os pulmões (veja a Figura 17.1). Cada lobo está coberto por uma ***cápsula*** de tecido conjuntivo. Internamente, o timo consiste de linfócitos T, macrófagos e células epiteliais que produzem hormônios.

O timo é grande nas crianças mas não atinge seu tamanho máximo antes da puberdade. Após a puberdade, muito do tecido

do timo é trocado por gordura e tecido conjuntivo mas as células continuam funcionais.

Seu papel na imunidade é auxiliar e distribuir os linfócitos T a outros órgãos linfócitos. Estes linfócitos destroem os micróbios invasores pela produção de várias substâncias. Lembre-se (veja o Capítulo 13) de que os hormônios produzidos pelo timo, tais como a timosina e a timopoietina, promovem a proliferação e a maturação dos linfócitos T. Isto será discutido em detalhes brevemente.

Circulação Linfática

Objetivo: *Descrever como a linfa circula por todo o corpo.*

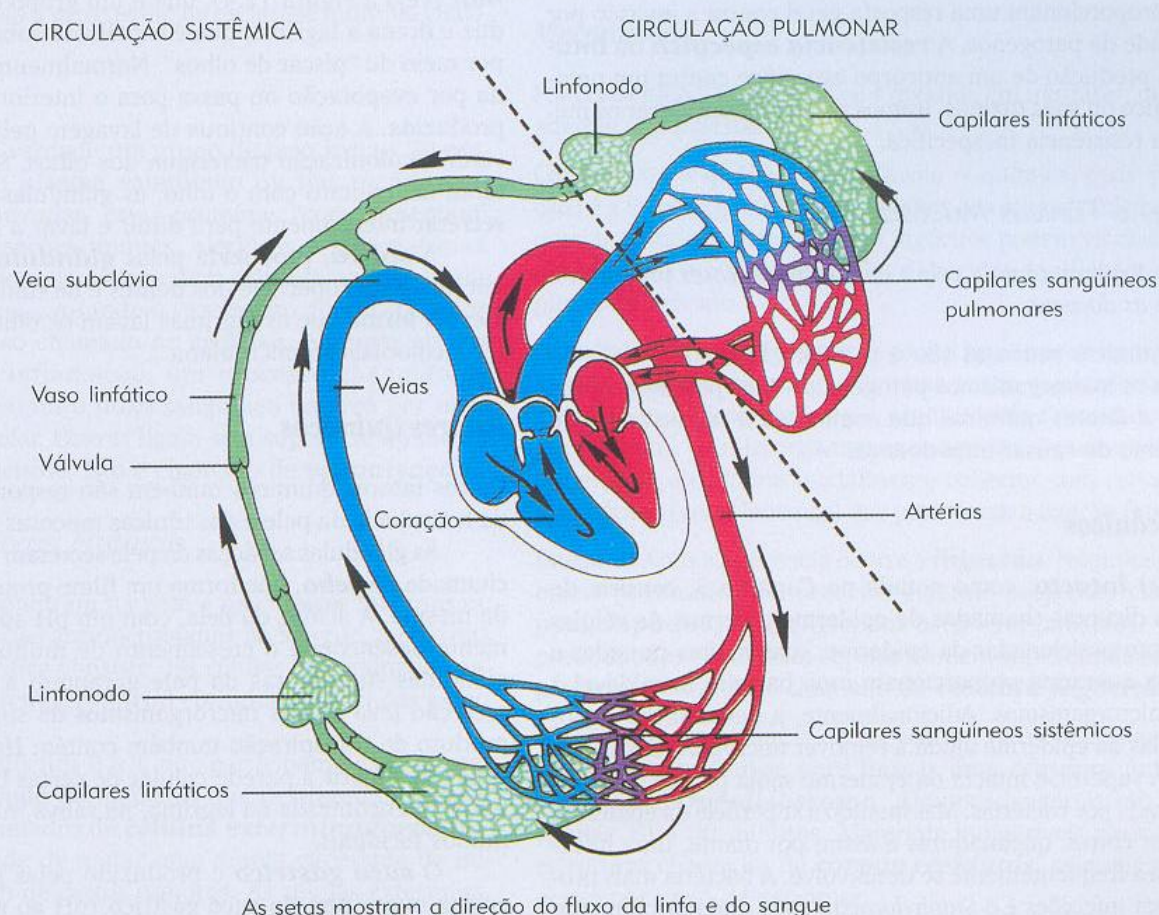
A linfa dos capilares linfáticos passa aos vasos linfáticos e através dos linfonodos. Os vasos eferentes dos linfonodos passam para outros linfonodos. Os vasos eferentes dos últimos linfonodos em uma cadeia unem-se para formar os ***troncos linfáticos***.

Os principais troncos transferem sua linfa a dois canais principais: o ducto torácico e o ducto linfático direito. O ***ducto torácico*** é o principal ducto coletor do sistema linfático e recebe linfa do lado esquerdo da cabeça, pescoço e tórax, do membro superior esquerdo e todo o corpo abaixo das costelas. O ***ducto linfático direito*** drena linfa do lado superior direito do corpo (veja a Figura 17.3).

Finalmente, o ducto torácico esvazia toda sua linfa na junção da veia jugular interna esquerda e veia subclávia esquerda, e o ducto linfático direito esvazia-se na junção da veia jugular interna direita e da veia subclávia direita (veja a Figura 17.3). Assim, a linfa é drenada de volta ao sangue, e o ciclo repete-se continuamente. A seqüência do fluxo linfático é: artérias (plasma sangüíneo) → capilares sangüíneos (plasma sangüíneo) → espaços intersticiais (fluido intersticial) → capilares linfáticos (linfa) → vasos linfáticos (linfa) → ductos linfáticos (linfa) → veias subclávias (plasma sangüíneo) (Figura 17.4).

O fluxo da linfa dos espaços intersticiais até as veias subclávias é mantido primariamente pela ação de "ordenha" dos músculos estriados esqueléticos (veja a Figura 16.6).

Figura 17.4 Relação entre o sistema linfático e o sistema circulatório.

O fluido vai das artérias (plasma sangüíneo) aos capilares sangüíneos (plasma sangüíneo), aos espaços intersticiais (fluido intersticial), aos capilares linfáticos (linfa), aos vasos linfáticos (linfa), aos ductos linfáticos (linfa), às veias subclávias (plasma sangüíneo).

Quais vasos do sistema circulatório (artérias, veias ou capilares) produzem linfa?

As contrações musculares esqueléticas comprimem os vasos linfáticos e forçam a linfa em direção às veias subclávias. Os vasos linfáticos, como as veias, contêm válvulas, cujo conjunto constitui uma valva, e as válvulas asseguram o movimento unidirecional em direção às veias subclávias (veja as Figuras 17.1 e 17.4).

O fluxo linfático também é mantido pelos movimentos respiratórios, que criam uma diferença de pressão entre as duas terminações do sistema linfático. A linfa flui da região abdominal, onde a pressão é maior, em direção à região torácica, onde ela é menor.

O ***edema***, que é uma acumulação excessiva de fluido intersticial nos espaços tissulares, pode ser causado por uma obstrução, tal como um linfonodo infectado ou vasos linfáticos bloqueados. Outra causa é uma formação excessiva de linfa e aumento da permeabilidade das paredes capilares sangüíneas. O edema pode também resultar de um aumento na pressão sangüínea capilar, quando o fluido intersticial é formado mais rapidamente do que ele pode passar aos vasos linfáticos.

Resistência Inespecífica às Doenças

O corpo humano tenta, continuamente, manter a homeostase pela neutralização das atividades de organismos produtores de doenças, chamados de ***patógenos***, ou suas toxinas. A habilidade de combater as doenças é chamada de ***resistência***. A vulnerabilidade ou perda de resistência é chamada de ***suscetibilidade***. As defesas contra as doenças podem ser agrupadas em duas áreas amplas: resistência inespecífica e resistência específica. A ***resistência inespecífica*** representa uma ampla variedade de reações corporais que proporcionam uma resposta geral contra a invasão por uma variedade de patógenos. A ***resistência específica*** ou ***imunidade*** é a produção de um anticorpo específico contra um patógeno específico ou suas toxinas. Iremos primeiro considerar os mecanismos da resistência inespecífica.

Cútis (Pele) e Túnicas Mucosas

Objetivo: *Explicar como a pele e as túnicas mucosas protegem o corpo contra as doenças.*

A pele e as túnicas mucosas são a primeira linha de defesa do corpo contra os microrganismos patogênicos. Elas possuem certos mecanismos e fatores químicos que combatem a tentativa inicial de um micróbio de causar uma doença.

Fatores Mecânicos

A ***cútis*** *(pele)* ***intacta***, como notada no Capítulo 5, consiste de duas porções distintas chamadas de epiderme e derme. As células compactamente posicionadas da epiderme, suas muitas camadas e a presença da queratina proporcionam uma barreira formidável à entrada de microrganismos. Adicionalmente, a descamação periódica das células da epiderme ajuda a remover micróbios da superfície da pele. A superfície intacta da epiderme sadia parece ser raramente penetrada por bactérias. Mas quando a superfície da epiderme é rompida por cortes, queimaduras e assim por diante, uma infecção subcutânea freqüentemente se desenvolve. A bactéria mais provável de causar infecções é o *Staphylococcus spp.*, que normalmente habita os folículos dos pêlos e as glândulas sudoríparas da pele.

As ***túnicas mucosas***, como a pele, também têm duas camadas: uma camada epitelial e uma camada subjacente de tecido conjuntivo. As túnicas mucosas revestem as cavidades corporais que se abrem ao exterior, como os tratos gastrintestinal, respiratório, urinário e genital. A camada epitelial de uma túnica mucosa secreta um fluido chamado de ***muco***, que previne o ressecamento das cavidades. Como o muco é levemente viscoso, ele aprisiona muitos micróbios que entram nos tratos respiratório e gastrintestinal. A túnica mucosa nasal do *nariz* tem ***pêlos*** cobertos por muco que filtram o ar contendo micróbios, poeira e poluentes. A túnica mucosa da porção superior do trato respiratório contém ***cílios***, que são projeções pilosas microscópicas de células epiteliais (veja a Figura 18.4) que se movem de tal maneira a empurrar a poeira e os micróbios inalados em direção à garganta. Este chamado elevador ciliar mantém o muco movendo-se em direção à garganta em uma velocidade de 1 a 3 cm por hora. A tosse e o espirro aceleram o movimento.

A entrada de micróbios na porção inferior do trato respiratório é impedida, também, por uma pequena tampa de cartilagem chamada de ***epiglote***, que fecha a laringe durante a deglutição (veja a Figura 18.2).

A limpeza da uretra pelo ***fluxo de urina*** é outro fator mecânico que evita a colonização microbiana no sistema urinário.

A ***defecação*** e o ***vômito*** também podem ser considerados processos mecânicos que expulsam micróbios. Por exemplo, na resposta aos micróbios, tais como aqueles que podem irritar o revestimento do trato gastrintestinal, os músculos do trato controem-se vigorosamente na tentativa de expelir os micróbios (diarréia).

Um mecanismo que protege os olhos é o ***aparelho lacrimal*** (veja a Figura 12.4), que é um grupo de estruturas que produz e drena a lágrima, que é espalhada sobre a superfície do olho por meio do "piscar de olhos". Normalmente, a lágrima é eliminada por evaporação ou passa para o interior do nariz assim que é produzida. A ação contínua de lavagem pela lágrima ajuda a prevenir a colonização bacteriana dos olhos. Se uma substânca irritante faz contato com o olho, as glândulas lacrimais começam a secretar intensamente para diluir e lavar a substância irritante.

A ***saliva***, produzida pelas ***glândulas salivares***, lava os micróbios da superfície dos dentes e da túnica mucosa da boca da mesma forma que as lágrimas lavam os olhos. Isto ajuda a prevenir a colonização microbiana.

Fatores Químicos

Certos fatores químicos também são responsáveis pelo alto grau de resistência da pele e das túnicas mucosas à invasão microbiana.

As glândulas sebáceas da pele secretam uma substância oleosa chamada de ***sebo***, que forma um filme protetor sobre a superfície da mesma. A acidez da pele, com um pH ao redor de 4, provavelmente desencoraja o crescimento de muitos microrganismos. As glândulas sudoríparas da pele garantem a ***transpiração***, cuja secreção lava alguns microrganismos da superfície da mesma. O produto da transpiração também contém ***lisozima***, uma enzima capaz de digerir a parede celular de certas bactérias. A lisozima é também encontrada na lágrima, na saliva, na secreção nasal e nos fluidos teciduais.

O ***suco gástrico*** é produzido pelas glândulas gástricas. A acidez muito alta do suco gástrico (pH ao redor de 2) destrói as bactérias e a maioria de suas toxinas.

As ***secreções vaginais*** também são altamente ácidas, o que dificulta o crescimento bacteriano.

Substâncias Antimicrobianas

Objetivo: *Descrever como as várias substâncias antimicrobianas protegem o corpo contra as doenças.*

Em adição às barreiras mecânicas e químicas da pele e das túnicas mucosas, o corpo também produz certas substâncias antimicrobianas. Elas fornecem uma segunda linha de defesa no caso de os micróbios penetrarem a pele e as túnicas mucosas.

Interferons

As células infectadas por vírus produzem proteínas chamadas de ***interferons***. Os interferons difundem-se às células vizinhas não-infectadas e ligam-se aos seus receptores de superfície. Isto habilita as células não-infectadas a inibirem a replicação viral. Os interferons parecem proteger as células da invasão por muitos vírus diferentes. Alguns interferons foram incorporados em um *spray* nasal para prevenir a disseminação de resfriados.

Em testes clínicos, o interferon exibiu efeitos limitados contra alguns tumores, tal como o melanoma maligno. Um tipo de interferon, chamado de alfa-interferon (Intron A®), foi aprovado nos Estados Unidos para o tratamento de várias doenças virais, incluindo o sarcoma de Kaposi, que é um câncer que freqüentemente ocorre em pacientes infectados com o HIV, o vírus que causa a AIDS (síndrome da imunodeficiência adquirida, ver p. 400), a herpes genital, causada por herpesvírus e as hepatites B e C. O alfa-interferon também está sendo testado para retardar o desenvolvimento da AIDS em pessoas infectadas pelo HIV. Uma forma de beta-interferon retarda a progressão da esclerose múltipla (EM).

Complemento

O ***complemento*** é na verdade um grupo de pelo menos 20 proteínas encontradas no plasma sangüíneo ou nas membranas plasmáticas. Quando ativadas, estas proteínas "complementam" ou aumentam certas reações imunes, alérgicas e inflamatórias. Algumas proteínas do complemento criam orifícios na membrana plasmática dos micróbios, causando o vazamento do seu conteúdo intracelular, um processo chamado de ***citólise***. Algumas atraem fagócitos ao sítio de inflamação, um processo chamado de ***quimiotaxia***, e aumentam o fluxo sangüíneo na área por meio da vasodilatação arteriolar. Outras ligam-se à superfície do micróbio e promovem a fagocitose. Isto é chamado de ***opsonização***.

Células Exterminadoras Naturais

Quando os micróbios penetram na pele e nas túnicas mucosas ou ultrapassam as substâncias antimicrobianas no sangue, a próxima linha de defesa inespecífica consiste das células exterminadas naturais e dos fagócitos. Iremos primeiro considerar as células exterminadoras naturais.

Em adição aos linfócitos B e T, que participam nas respostas imunes, existe outro grupo de linfócitos que destroem os invasores. Estes linfócitos, chamados de ***células exterminadoras naturais***, têm a habilidade de matar uma ampla variedade de micróbios infecciosos além de certos tumores. As células exterminadoras naturais estão presentes no baço, nos linfonodos, na medula óssea vermelha e no sangue. As células exterminadoras naturais estão ausentes ou deficientes em alguns pacientes com câncer e em pacientes com AIDS.

Fagocitose

Objetivo: *Definir a fagocitose e explicar como ela ocorre.*

A ***fagocitose*** (*phagein* = comer; *cyto* = célula) é a ingestão de micróbios ou qualquer partícula estranha ou ainda detritos celulares por células chamadas de fagócitos.

Tipos de Fagocitose

Os fagócitos dividem-se em duas categorias gerais: os leucócitos granulares (micrófagos) e os macrófagos. Os ***leucócitos granulares*** do sangue (veja a Figura 14.2) variam no grau em que funcionam como fagócitos, sendo os neutrófilos os mais fagocíticos.

Quando ocorre uma infecção, ambos, neutrófilos e monócitos, migram para a área infectada. Durante esta migração, os monócitos aumentam de tamanho e se transformam em células fagocíticas ativas chamadas de ***macrófagos*** (veja a Figura 14.2). Como estas células deixam o sangue e migram às áreas infectadas, elas são chamadas de ***macrófagos errantes***. Alguns macrófagos, chamados de ***macrófagos fixos***, permanecem em certos tecidos e órgãos do corpo. Os macrófagos fixos são encontrados na pele na tela subcutânea, no fígado, nos pulmões, no cérebro, no baço, nos linfonodos e na medula óssea vermelha.

Mecanismo

Por conveniência, a fagocitose é dividida em três fases: quimiotaxia, aderência e ingestão (Figura 17.5).

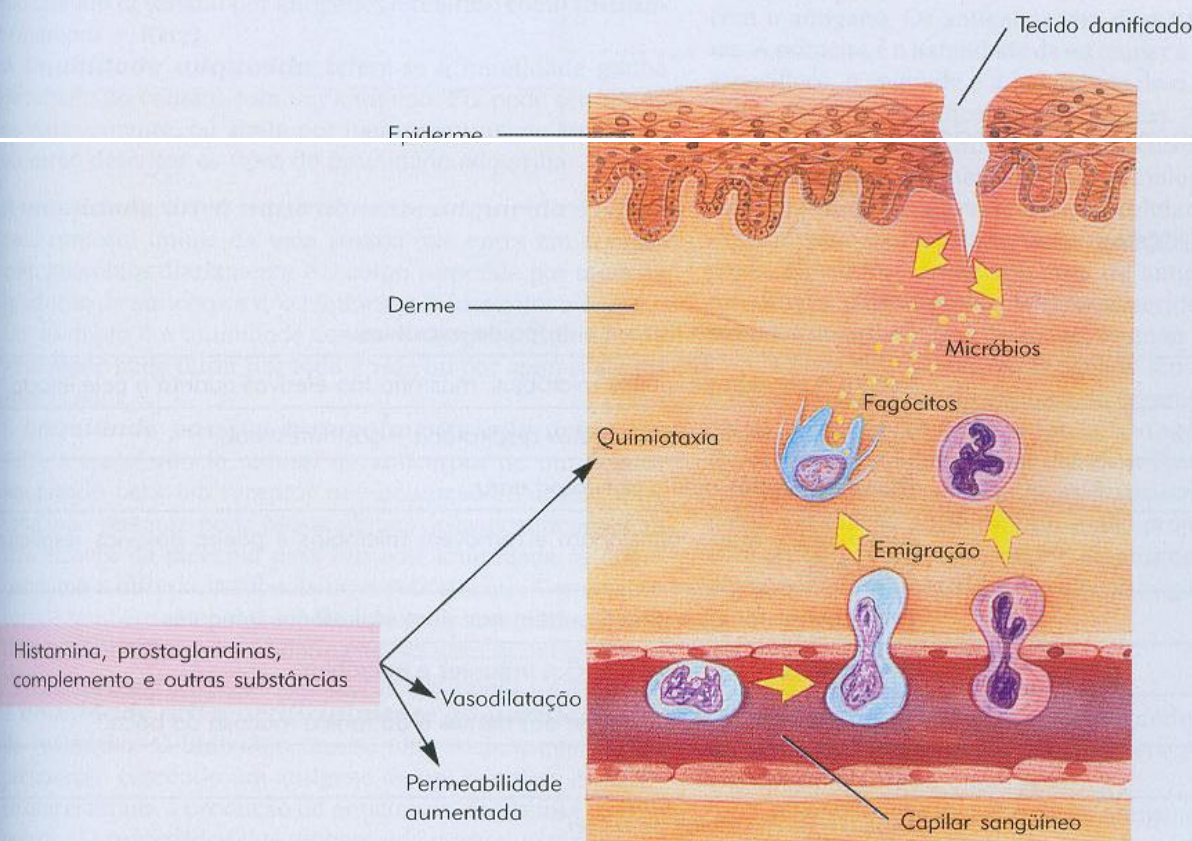
QUIMIOTAXIA A ***quimiotaxia*** (*hemo* = química; *taxis* = combinação) é a atração química dos fagócitos aos microrganismos. As substâncias químicas que atraem os fagócitos podem vir dos micróbios, dos glóbulos brancos, de células de tecidos danificados ou do complemento ativado.

ADERÊNCIA Na ***aderência***, o fagócito liga-se ao microrganismo ou a outro material estranho. Algumas vezes, a aderência ocorre facilmente e o microrganismo é prontamente fagocitado (veja a Figura 3.9a,b). Os microrganismos podem ser fagocitados mais prontamente se eles forem inicialmente cobertos com certas proteínas plasmáticas (complemento) que promovem a ligação (opsonização).

INGESTÃO Após a aderência ocorre a ***ingestão***. No processo, a membrana plasmática do fagócito estende projeções chamadas de ***pseudópodos***, que englobam os microrganismos. Quando os pseudópodos encontram-se, eles fundem-se, circundando o microrganismo em um saco chamado de ***vesícula fagocitária***.

Após a ocorrência da fagocitose, na vesícula fagocitária, os lisossomos fundem-se para formar uma estrutura única e maior chamada de ***fagolisossomo***. Algumas bactérias são mortas em apenas 10 a 30 minutos. Materiais indigeríveis permanecem em estruturas chamadas de ***corpos residuais***, os quais a célula dispensa por meio da exocitose.

Figura 17.6 Resposta inflamatória. Várias substâncias estimulam a vasodilatação, a permeabilidade aumentada dos vasos sangüíneos, a quimiotaxia (atração dos fagócitos ao local), a emigração e a fagocitose.

Os três estágios da inflamação são (1) vasodilatação e permeabilidade aumentada dos vasos sangüíneos, (2) migração de fagócitos e (3) reparo dos tecidos.

Os fagócitos migram do sangue para o local do dano ao tecido

O que causa cada um dos seguintes sintomas da inflamação: rubor, dor, calor e edema?

A dilatação das arteríolas e o aumento da permeabilidade capilar produzem calor, rubor e inchaço (edema). O calor e o rubor resultam da grande quantidade de sangue que se acumula na área.

A dor resulta do dano às fibras nervosas ou de substâncias químicas tóxicas liberadas por microrganismos. Algumas das substâncias que promovem a vasodilatação e o aumento da permeabilidade, especialmente as prostaglandinas, também afetam as terminações nervosas e causam dor.

O aumento de permeabilidade dos capilares causa vazamento de fibrinogênio nos tecidos. O fibrinogênio é então convertido em uma teia espessa e insolúvel chamada de fibrina, que aprisiona os organismos invasores, evitando que se espalhem. Esta teia eventualmente forma um coágulo (veja a Figura 14.8) que isola os micróbios invasores ou suas toxinas.

Migração Fagocitária Geralmente, dentro de 1 hora após o início do processo inflamatório, os fagócitos entram em cena. À medida que grande quantidade de sangue se acumula, os neutrófilos começam a aderir-se à superfície interna do endotélio (revestimento) dos vasos sangüíneos (veja a Figura 17.6). Então, os neutrófilos começam a espremer-se através das paredes dos vasos sangüíneos para alcançarem a área danificada. Este processo é chamado de ***emigração*** e depende da quimiotaxia. Os neutrófilos tentam destruir os micróbios invasores por meio da fagocitose.

À medida que a resposta inflamatória progride, os monócitos seguem os neutrófilos em direção à área danificada. Uma vez no tecido, os monócitos transformam-se em macrófagos errantes que se adicionam à atividade fagocitária dos macrófagos fixos. Os neutrófilos predominam nos estágios iniciais da infecção, mas tendem a morrer rapidamente. Os macrófagos são muitas vezes mais fagocitários que os neutrófilos e são suficientemente grandes para englobar o tecido destruído, os neutrófilos destruídos e os micróbios invasores.

Reparo Em todas as inflamações, menos nas muito brandas, o pus é produzido. O ***pus*** é um fluido espesso que contém glóbulos brancos vivos e mortos e detritos de outros tecidos mortos. A formação de pus continua até que a infecção seja reduzida. Por vezes, o pus sai pelas superfícies do corpo ou por uma cavidade corporal para ser disperso. Se o pus não puder ser drenado para fora do corpo, um abscesso se desenvolve. Um ***abscesso*** é uma acumulação excessiva de pus em um espaço confinado. Exemplos comuns são espinhas e furúnculos.

Febre

A causa mais freqüente de ***febre***, uma temperatura corporal anormalmente alta, é a infecção por bactérias (e suas toxinas) e vírus. A alta temperatura corporal inibe um pouco o crescimento microbiano e acelera as reações corporais que auxiliam o reparo. (A febre é discutida com mais detalhes nas páginas 478 a 480.)

Os fatores que contribuem para a resistência inespecífica são resumidos no Quadro 17.1.

Imunidade (Resistência Específica às Doenças)

Objetivo: *Definir imunidade e compará-la com a resistência inespecífica às doenças.*

Apesar dos vários tipos de resistência inespecífica, todas elas têm algo em comum. Elas têm como função proteger o corpo de *qualquer* tipo de patógeno. Elas não são especificamente direcionadas

Quadro 17.1 Resumo da Resistência Inespecífica

COMPONENTE	FUNÇÃO
PELE E TÚNICAS MUCOSAS	
FATORES MECÂNICOS	
Epiderme	Forma uma barreira física à entrada de micróbios.
Túnicas mucosas	Inibem a entrada de muitos micróbios, mas não tão efetivas quanto a pele intacta.
Muco	Aprisiona os micróbios nos tratos respiratório e gastrintestinal.
Pêlos	Filtram os micróbios e a poeira no nariz.
Cílios	Junto com o muco, aprisionam e removem micróbios e poeira das vias respiratórias superiores.
Epiglote	Evita que micróbios e poeira entrem nas vias respiratórias inferiores.
Aparelho lacrimal	A lágrima dilui e lava substâncias irritantes e micróbios.
Saliva	Lava os micróbios da superfície dos dentes e da túnica mucosa da boca.
Urina	Lava os micróbios da uretra.
Vômito e defecação	Expelem os micróbios do corpo.
FATORES QUÍMICOS	
Sebo	Forma um filme oleoso protetor sobre a pele.
pH ácido da pele	Dificulta o crescimento de muitos micróbios.
Lisozima	Substância antimicrobiana na transpiração, na lágrima, na saliva, na secreção nasal e nos fluidos tissulares.
Secreções vaginais	Secreções altamente ácidas que dificultam o crescimento bacteriano.
Suco gástrico	Destrói bactérias e a maioria das toxinas no estômago.
SUBSTÂNCIAS ANTIMICROBIANAS	
Interferons	Protegem células hospedeiras não-infectadas de infecção viral.
Complemento	Causa citólise de micróbios, promove fagocitose e contribui para inflamação.
CÉLULAS EXTERMINADORAS NATURAIS	Matam uma grande variedade de micróbios e certas células tumorais.
FAGOCITOSE	Ingestão de materiais estranhos por neutrófilos e macrófagos.
INFLAMAÇÃO	Confina e destrói micróbios e inicia o reparo dos tecidos.
FEBRE	Inibe o crescimento de alguns micróbios e acelera as reações do corpo que auxiliam no reparo.

contra um micróbio em particular. A resistência específica às doenças, chamada de ***imunidade***, envolve a produção de um tipo específico de célula ou molécula (anticorpo) para destruir um antígeno em particular. Um ***antígeno*** é qualquer substância – tais como micróbios, alimentos, drogas, pólen ou tecidos – que produz uma resposta imune assim que o sistema imune o tenha reconhecido como estranho. O ramo da ciência que lida com as respostas do corpo quando desafiado por antígenos é referido como ***imunologia*** (*immunis* = livre).

A ***imunidade adquirida*** refere-se à imunidade ganha como resultado do contato com um antígeno. Ela pode ser obtida ativa ou passivamente, ou ainda por meios naturais ou artificiais. A seguir estão descritos os tipos de imunidade adquirida:

1. A ***imunidade ativa naturalmente adquirida*** é obtida pela resposta imune de uma pessoa que entra em contato com micróbios diariamente e o corpo responde por meio da produção de anticorpos e/ou linfócitos T (descritos a seguir). Um exemplo é a imunidade contra a catapora. Este tipo de imunidade pode durar por toda a vida ou por apenas alguns poucos anos.
2. A ***imunidade passiva naturalmente adquirida*** envolve a transferência natural de anticorpos de um doador imunizado para um receptor não-imunizado. Por exemplo, uma mãe gestante pode passar alguns de seus anticorpos ao feto através da placenta para fornecer imunidade às doenças como a difteria, a rubéola ou a poliomielite. Certos anticorpos também são passados da mãe para o seu filho através da amamentação. A imunidade passiva naturalmente adquirida geralmente dura apenas algumas semanas ou meses.
3. A ***imunidade ativa artificialmente adquirida*** resulta da vacinação. O indivíduo recebe uma *vacina*, que é uma preparação contendo um antígeno de um micróbio específico que estimula a produção de anticorpos. As vacinas consistem de (1) ***micróbios*** que tenham sido mortos ou inativados para que não produzam os sintomas da doença e/ou (2) ***toxóides***, que são toxinas de bactérias infecciosas (venenos) que tenham sido quimicamente inativadas. As vacinas fornecem imunidade ao mesmo tempo que evitam o desconforto dos sintomas de uma doença em particular. As vacinas são usadas para prevenir doenças bacterianas tais como a difteria, a pneumonia pneumocócica, a coqueluche, o tétano e alguns tipos de meningite e doenças virais tais como a influenza, o sarampo, a caxumba, a rubéola, a poliomielite, a raiva e a hepatite B. Algumas vacinas, tais como aquelas para poliomielite e caxumba, fornecem imunidade por toda a vida. Outras, tais como aquelas para pneumonia pneumocócica e meningite meningocócica, duram apenas por alguns anos.
4. A ***imunidade passiva artificialmente adquirida*** é ganha pela injeção de anticorpos de uma fonte externa. Por exemplo, uma pessoa pode receber gamaglobulina (soro rico em anticorpos). Os anticorpos produzidos por uma pessoa também podem ser transferidos para outra pessoa.

Examinaremos o mecanismo de imunidade primeiramente discutindo a natureza dos antígenos e dos anticorpos.

Antígenos (Ag's)

Objetivo: Explicar a relação entre os antígenos e os anticorpos.

Um ***antígeno*** (***imunógeno***) ou ***Ag***, é qualquer substância química que, quando introduzida no organismo, é reconhecida como não-própria pelo sistema imune. Ele causa a produção de anticorpos específicos e/ou linfócitos T específicos pelo corpo, que reagem com o antígeno. Os antígenos têm duas características importantes. A primeira é a habilidade de estimular a formação de anticorpos específicos. A segunda é a habilidade de o antígeno reagir especificamente com os anticorpos produzidos.

O micróbio inteiro, seja uma bactéria ou vírus, ou somente os componentes dos mesmos (por exemplo, estruturas bacterianas tais como flagelo, cápsulas, paredes celulares) podem atuar como um antígeno; toxinas bacterianas (venenos) são altamente alergênicos. Exemplos não-microbianos de antígenos incluem alimentos, drogas, pólen, células cancerosas, tecidos ou órgãos transplantados ou soro de outros humanos, animais ou insetos.

Como regra geral, os antígenos são substâncias estranhas. Eles não fazem parte da química do organismo. As substâncias do corpo, reconhecidas como próprias, não agem normalmente como antígenos. Entretanto, substâncias identificadas como não-próprias, estimulam a produção de anticorpos. Existem certas condições nas quais a distinção entre próprio e não-próprio está prejudicada e anticorpos que atacam o próprio organismo são produzidos. Estas doenças auto-imunes são descritas na página 402.

Anticorpos (Ab's)

Um ***anticorpo*** (***Ab***) é uma proteína produzida pelos plasmócitos em resposta à presença de um antígeno e é capaz de combinar-se especificamente com o antígeno.

A combinação de anticorpo e antígeno depende do tamanho e do formato dos seus sítios de combinação (Figura 17.7). A combinação é parecida com o encaixe da chave na fechadura. A porção de um anticorpo que reconhece e se combina com um antígeno é chamada de ***sítio de ligação antigênica***.

Os anticorpos pertencem a um grupo de proteínas plasmáticas chamadas de globulinas, e, por esta razão, os anticorpos são também conhecidos como ***imunoglobulinas*** ou ***Igs***. Existem cinco classes diferentes de imunoglobulinas, designadas como IgG, IgA, IgM, IgD e IgE. Cada qual apresenta uma estrutura química distinta e uma função biológica específica (Quadro 17.2).

Imunidade Celular e Imunidade Humoral

Objetivo: *Comparar as funções das imunidades celular e humoral.*

O corpo defende a si próprio contra os agentes invasores por meio de seu sistema imune, que consiste de dois componentes intimamente conectados.

Um componente envolve a formação de linfócitos T, que atacam agentes estranhos diretamente e os destroem. Esta é a ***imunidade celular*** e é particularmente efetiva contra fungos, parasitas, infecções virais intracelulares, células cancerosas e transplantes de tecidos estranhos. A ***imunidade humoral*** refere-se aos anticorpos que estão dissolvidos no plasma sangüíneo e na linfa,

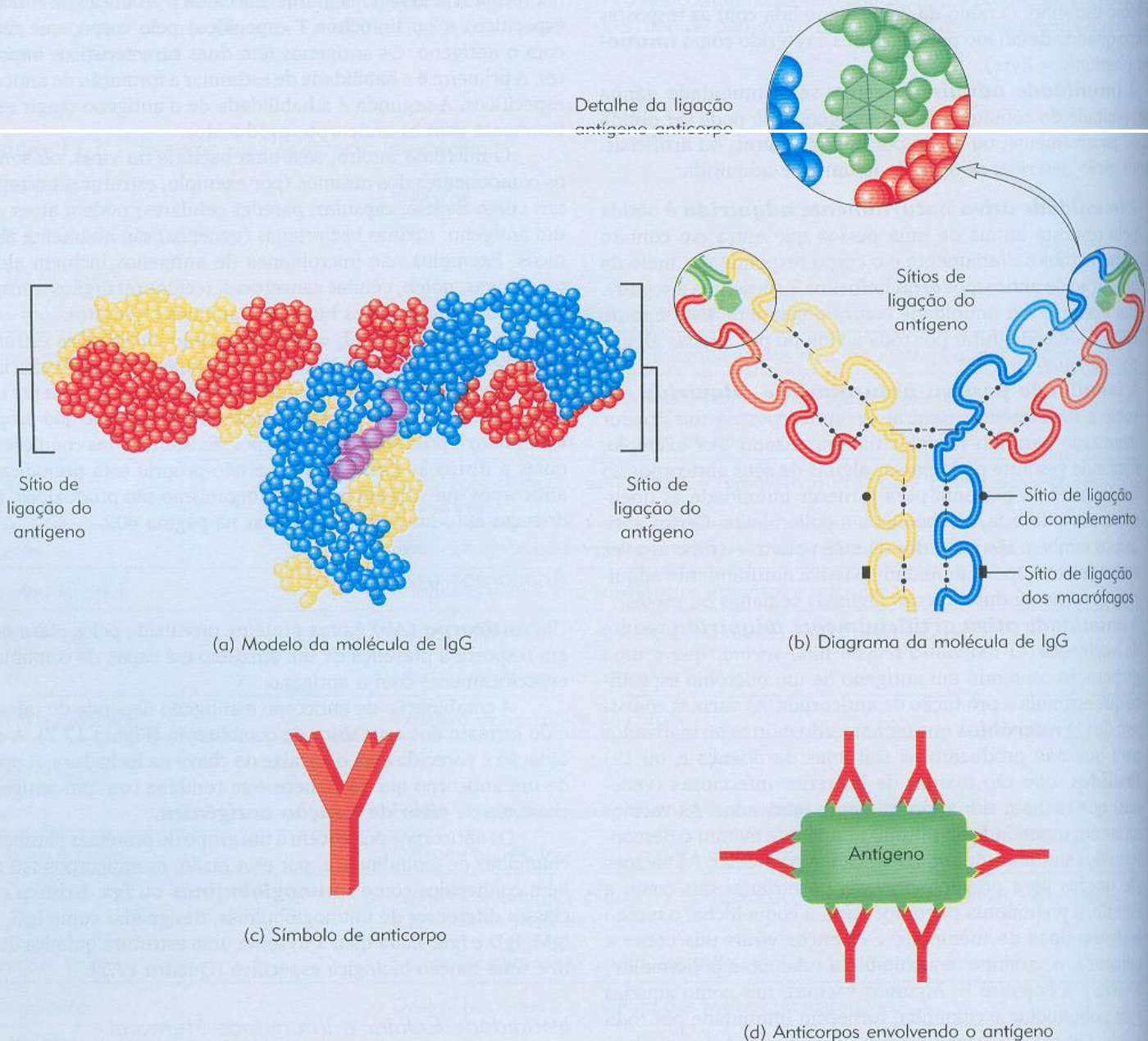
Figura 17.7 Relação entre antígeno e anticorpo.

Um antígeno induz o corpo a produzir anticorpos específicos que combinam com o antígeno.

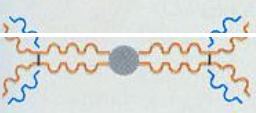
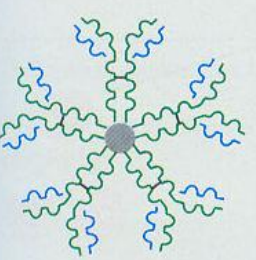
(a) Modelo da molécula de IgG

(b) Diagrama da molécula de IgG

(c) Símbolo de anticorpo

(d) Anticorpos envolvendo o antígeno

Qual a natureza química dos anticorpos?

os fluidos corporais ou "humores". Na imunidade humoral, os linfócitos B se transformam em plasmócitos que produzem anticorpos. Este tipo de imunidade é particularmente efetiva contra infecções bacterianas e virais.

As células envolvidas em ambos os tipos de imunidade originam-se no tecido linfático localizado nos linfonodos, no baço, no trato gastrintestinal e na medula óssea vermelha. O tecido linfático está estrategicamente localizado de forma a interceptar um agente invasor antes que este possa espalhar-se extensivamente pela circulação geral.

Formação dos Linfócitos T e B

Ambos, linfócitos T e B, desenvolvem-se a partir de células (células-tronco) da medula óssea vermelha, que a deixam para colonizar duas áreas diferentes do corpo. Aproximadamente metade delas migram inicialmente para o timo, onde tornam-se linfócitos T. O nome linfócito T deriva do processo que ocorre no timo. Os linfócitos T, então, deixam o timo e colonizam o tecido linfático.

As células remanescentes são processadas na própria medula óssea vermelha, tornando-se linfócitos B. Os linfócitos B, então, migram ao tecido linfático.

Quadro 17.2 Classes de Imunoglobulinas (Igs)

NOME E ESTRUTURA	CARACTERÍSTICAS E FUNÇÕES
IgG	As mais abundantes, por volta de 75% de todos os anticorpos no sangue, sendo encontradas no sangue, na linfa e nos intestinos. Protegem contra bactérias e vírus por meio do aumento da fagocitose, da neutralização de toxina e da ativação do sistema do complemento. É a única classe de anticorpos que atravessa a placenta da mãe para o bebê, conferindo imunidade considerável aos recém-nascidos.
IgA	Perfazem 15% de todos os anticorpos no sangue. Encontradas principalmente no suor, nas lágrimas, na saliva, no muco, no leite e nas secreções gastrintestinais. Pequenas quantidades presentes no sangue e na linfa. Os níveis caem durante estresse, diminuindo a resistência à infecção. Dão proteção localizada às túnicas mucosas contra bactérias e vírus.
IgM	Em torno de 5 a 10% de todos os anticorpos no sangue, sendo os primeiros anticorpos a serem secretados pelos plasmócitos após a exposição inicial a algum antígeno; encontradas no sangue e na linfa. Ativam o complemento e causam aglutinação e degeneração dos micróbios. Também presentes na superfície dos linfócitos B, onde servem como receptores de antígeno. No plasma sangüíneo, os anticorpos antiA e antiB dos grupos sangüíneos ABO, que se ligam aos antígenos A e B durante transfusões de sangue incompatíveis, também são anticorpos IgM.
IgD	Menos de 1% de todos os anticorpos do sangue; encontradas no sangue, na linfa e na superfície de linfócitos B como receptores de antígeno. Envolvidas na ativação de linfócitos B.
IgE	Menos de 0,1% de todos os anticorpos no sangue; localizadas nos mastócitos e nos basófilos. Envolvidas em reações alérgicas e de hipersensibilidade; conferem proteção contra vermes parasitas.

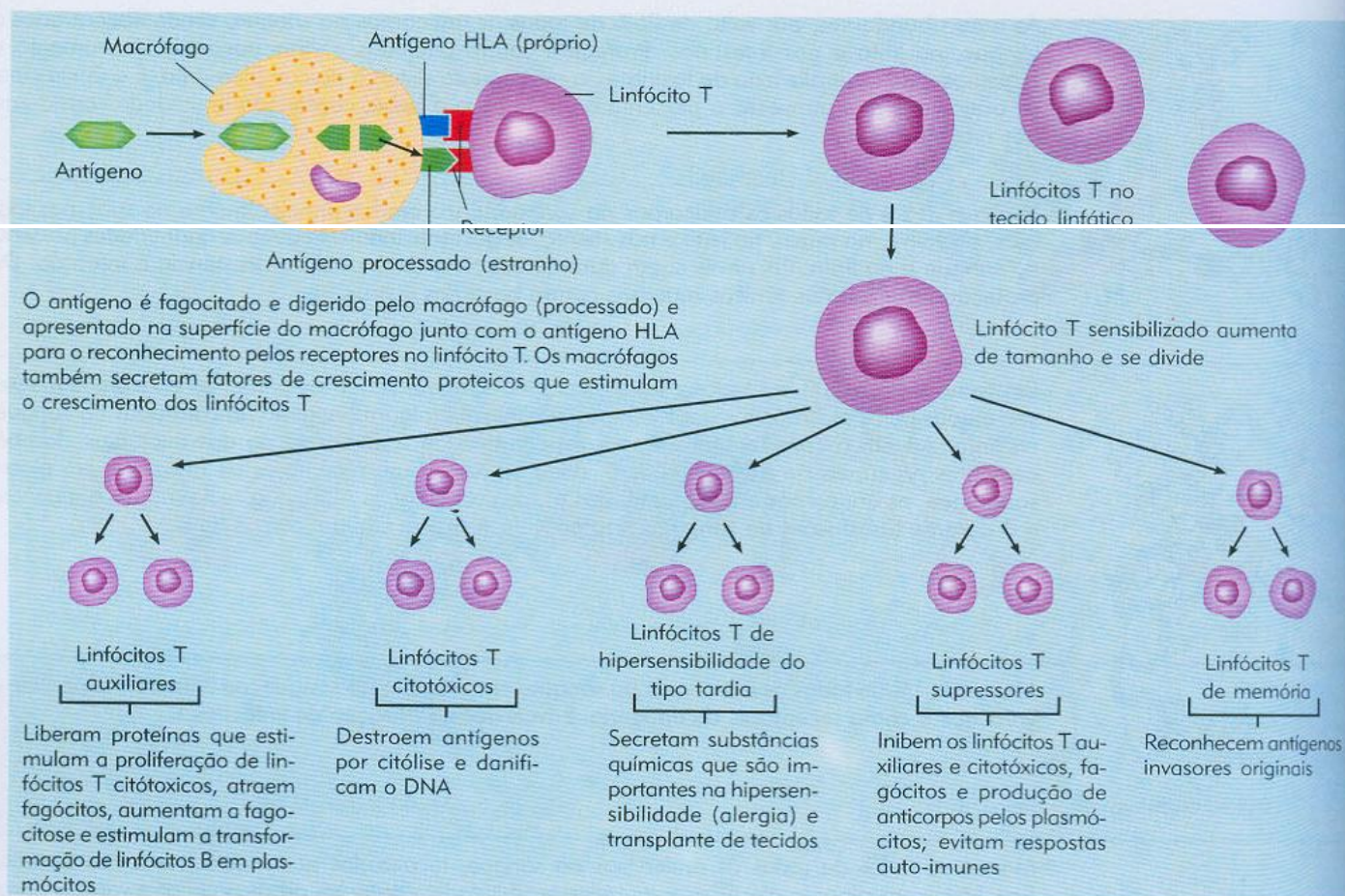
Linfócitos T e Imunidade Celular

Antes que os linfócitos T possam atacar os invasores (antígenos), eles devem ser ***sensibilizados (ativados)***, significando que eles devem ser capazes de reconhecer os invasores estranhos. A ***sensibilização*** envolve os macrófagos, que processam e apresentam os antígenos aos linfócitos T (Figura 17.8). Na fase de processamento, os macrófagos fagocitam os antígenos; na fase de apresentação, o antígeno parcialmente digerido é apresentado junto à superfície do macrófago, juntamente com os auto-antígenos encontrados na superfície dos glóbulos brancos chamados de ***antígenos leucocitários humanos associados (HLA)***. Tais antígenos HLA são únicos para cada pessoa. Os macrófagos também participam da resposta imune pela secreção de fatores de crescimento protéicos poderosos, que estimulam a divisão dos linfócitos T sensibilizados para formarem uma população imensa dos mesmos.

Existem literalmente milhões de diferentes tipos de linfócitos T, porque cada um deles deve ser capaz de reconhecer e atacar um antígeno específico diferente. Uma vez sensibilizado, os linfócitos T aumentam de tamanho e número para produzir um ***clone*** (grupo de linfócitos geneticamente idênticos). Os linfócitos no clone então diferenciam-se em vários tipos celulares, todos os quais têm um papel importante na resposta imune.

1. Os ***linfócitos T auxiliares*** têm um papel importante na resposta imune. Sua principal função é a estimulação de outras células do sistema imune para combater os invasores. Os linfócitos T auxiliares liberam proteínas na corrente sangüínea que causam o crescimento e a divisão dos linfócitos T citotóxicos (descritos a seguir), atraem fagócitos e aumentam a habilidade fagocitária dos macrófagos. Os linfócitos T auxiliares também estimulam a transformação dos linfócitos B em plasmócitos produtores de anticorpos.
2. Os ***linfócitos T citotóxicos (linfócitos T exterminadores)*** destroem as células-alvo ao contato. Os linfócitos T citotóxicos fornecem proteção contra infecções virais, infecções bacterianas crônicas, células cancerosas e células transplantadas. Os linfócitos T citotóxicos liberam substâncias químicas que causam orifícios na membrana plasmática do antígeno, o que permite a entrada do fluido extracelular no interior da célula e sua citólise. Os linfócitos T citotóxicos também secretam uma substância que danifica o DNA nas células-alvo, causando a morte das células e atraindo macró-

Figura 17.8 Papel dos linfócitos T na imunidade celular.

Antes que os linfócitos T possam reconhecer invasores externos, eles devem desenvolver esta capacidade por meio de um processo chamado de sensibilização.

Qual o papel dos macrófagos na ativação dos linfócitos?

fagos, aumentando sua capacidade fagocitária e prevenindo sua migração do sítio de ação.

3. Os ***linfócitos de hipersensibilidade tardia*** secretam substâncias químicas que recrutam células de defesa tal como os macrófagos. As células de hipersensibilidade tardia são ativadas em resposta às reações alérgicas (como as da urtiga) e tecidos transplantados.
4. Os ***linfócitos T supressores*** têm crédito quanto à depressão de parte da resposta imune pela inibição da atividade dos linfócitos T auxiliares e dos linfócitos T citotóxicos, pela inibição dos fagócitos e pela redução da produção de anticorpos pelos plasmócitos. Os linfócitos T supressores são também importantes na prevenção das respostas auto-imunes, onde o sistema imune começa a atacar os próprios tecidos do corpo, como ocorre, por exemplo, na artrite reumatóide.
5. Os ***linfócitos T de memória*** são descendentes de outros linfócitos T que permanecem no tecido linfático e são programados para reconhecer o antígeno original invasor. No caso de o patógeno invadir o corpo novamente, os linfócitos T de memória iniciam uma reação muito mais imediata que durante a primeira invasão. De fato, a segunda resposta é tão imediata que os patógenos são geralmente destruídos antes que ocorra qualquer sinal ou sintoma da doença. Os linfócitos T de memória permitem às pessoas sensibilizadas reterem a imunidade por vários anos.

A imunidade celular aumenta nossa resistência natural e tem um papel crucial na iniciação da imunidade humoral.

Linfócitos B e Imunidade Humoral

O corpo contém não apenas milhões de diferentes linfócitos T, mas também milhões de diferentes linfócitos B, cada qual capaz de responder a um antígeno específico. Enquanto os linfócitos T exterminadores deixam o tecido linfático para confrontarem um antígeno, as células B não o fazem. Em vez disso, um macrófago prepara e apresenta um antígeno para o linfócito B nos linfonodos, no baço ou no tecido linfático do trato gastrintestinal similarmente ao processo descrito para os linfócitos T. Os linfócitos B específicos para o antígeno são sensibilizados. Alguns dos linfócitos B aumentam, dividem-se e transformam-se em uma população de ***plasmócitos*** sob a influência de hormônio do timo (Figura 17.9). Os plasmócitos secretam anticorpos. A divisão e a transformação dos linfócitos B em plasmócitos são influenciadas pelas substâncias secretadas pelos macrófagos e pelos linfócitos T auxiliares.

foco no bem-estar

Estilo de Vida, Função Imune e Resistência às Doenças

Se você quer observar as relações entre estilo de vida e função imunológica, faça uma visita a um *campus* universitário. Você provavelmente verá, à medida que o semestre avança e a carga de trabalho aumenta, um aumento no número de alunos nas salas de espera dos serviços de saúde.

O Estresse É o Culpado...?

O estresse tem sido considerado um perigo para a função imunológica. Pesquisadores da área de *psiconeuroimunologia (PNI)* encontraram muitas rotas de comunicação que ligam os sistemas nervoso, endócrino e imune. O estresse crônico afeta o sistema imune de diversas maneiras. Por exemplo, o cortisol, um hormônio secretado pelo córtex suprarenal em associação à resposta ao estresse, inibe a atividade do sistema imunológico, talvez para conservar energia. A pesquisa em PNI parece justificar o que muitas pessoas já observam desde o início dos tempos: seus pensamentos, sentimentos, humores e crenças influenciam o seu nível de saúde e, obviamente, o desenrolar das doenças. Sentimentos de falta de apoio, falta de esperança, medo e isolamento social são especialmente tóxicos ao sistema imunológico.

As pessoas que são resistentes aos efeitos negativos que o estresse tem sobre a saúde têm maior probabilidade de experimentar um sentimento de controle sobre o futuro, comprometimento com o trabalho, expectativas de resultados geralmente positivos para si mesmas e sentimentos de apoio social. Para aumentar sua resistência ao estresse, cultive uma visão positiva e otimista, envolva-se com seu trabalho e construa bons relacionamentos com os outros.

...ou o Estilo de Vida?

Quando o trabalho se acumula e você se sente estressado, os hábitos saudáveis tendem a deteriorar-se. Exatamente quando você precisa de um estilo de vida o mais saudável possível para tamponar os efeitos negativos do estresse, parece que falta tempo até para escovar os dentes. Comprar comida saudável? Preparar comidas em casa? Exercícios? Quem tem tempo?!

Dorme que Amanhã Melhora

Sono e relaxamento adequados são essenciais para um sistema imunológico saudável. Mas, quando o dia não tem horas suficientes, você pode ficar tentado a roubar algumas horas da noite. Mesmo que dormir menos possa render algumas horas a mais de trabalho produtivo a curto prazo, a longo prazo você vai ficar cada vez mais para trás, especialmente quando você fica doente, longe do trabalho (e das comissões) por vários dias, com sua concentração prejudicada e com sua criatividade bloqueada.

Mesmo que você consiga ter suas 8 horas de sono, o estresse pode causar insônia. Se você está escrevendo trabalhos e resolvendo problemas mentalmente enquanto está na cama tentando dormir, é tempo de trabalhar na administração de seu estresse e na sua habilidade de relaxar! Assegure-se de que pode "mudar de canal" e relaxar do estresse do dia, antes de ir dormir.

Maus Hábitos

O estresse das provas e do final de semestre tende a servir de combustível para os hábitos nervosos. Alguns destes hábitos diminuem nossa resistência às doenças. O fumo interfere com a ação dos cílios das vias respiratórias superiores que removem agentes infecciosos do sistema respiratório. Os fumantes têm maior tendência a desenvolver bronquite crônica a partir de um simples resfriado. A privação de sono, o abuso de drogas e de álcool podem reduzir o estresse momentaneamente, mas acabam causando danos à saúde.

Uma Maçã por Dia?

As pessoas que recomendavam uma maçã por dia* estavam no caminho certo. O que você come pode manter o médico longe porque mantém o seu sistema imunológico funcionando em níveis ótimos. O consumo de alimentos variados, incluindo muita fruta e vegetais, geralmente fornece os ingredientes nutricionais necessários.

Exercícios de Resistência

Pesquisas sugerem que as pessoas que se exercitam regularmente pegam menos resfriados e gripes que seus amigos sedentários. O exercício moderadamente vigoroso parece ajudar, porém cuidado: o excesso de exercício pode diminuir a imunidade. E não espere ficar doente para começar a exercitar-se. O exercício quando se está doente diminui ainda mais as suas reservas de energia já exauridas pela doença.

Pensamento Crítico

Você alguma vez observou uma ligação entre estresse e doença em você mesmo? Você acha que a doença foi causada pelo estresse ou outros fatores relacionados ao seu estilo de vida?

*N. de T. Do ditado americano *"an apple a day keeps the doctor away"* (uma maçã por dia mantém o médico longe).

Quadro 17.3 Resumo de Células com Importância na Resposta Imune

CÉLULA	FUNÇÕES
Macrófago	Fagocitose; processamento e apresentação de antígenos estranhos aos linfócitos T; secreção de fatores de crescimento protéicos que estimulam o crescimento e a divisão de linfócitos T para formar uma grande população de linfócitos T sensibilizados.
Linfócito T auxiliar	Ativa os linfócitos T citotóxicos, atrai fagócitos, aumenta a fagocitose; e estimula o desenvolvimento de linfócitos B em plasmócitos.
Linfócito T citotóxico	Libera substâncias químicas que causam citólise de células-alvo e danificam o DNA das mesmas; atrai macrófagos, aumenta sua atividade fagocítica e evita que deixem o local de ação.
Linfócito T de hipersensibilidade do tipo tardia	Atrai macrófagos em respostas relacionadas à hipersensibilidade (alergia) e ao transplante de tecidos.
Linfócito T supressor	Inibe a atividade de linfócitos T auxiliares e citotóxicos, inibe a fagocitose, reduz a proteção por anticorpos dos plasmócitos e evita as respostas auto-imunes.
Linfócito T de memória	Permanece no tecido linfático e reconhece antígenos invasores originais, mesmo anos após a infecção.
Célula exterminadora natural	Destrói células estranhas por citólise.
Linfócito B	Diferencia-se em plasmócito produtor de anticorpos.
Plasmócito	Descendente do linfócito B; o plasmócito que produz anticorpos.
Linfócito B de memória	Pronto para responder mais rapidamente e com mais força que na primeira exposição, caso o mesmo antígeno venha a desafiar o corpo no futuro.

4. ***Ativação do complemento***. Os complexos antígeno-anticorpo ativam as proteínas do complemento, que então agem para remover os micróbios como anteriormente descrito.
5. ***Aumento da fagocitose***. Os anticorpos aumentam a atividade dos fagócitos através da sua aglutinação e precipitação, além de causarem sua ***opsonização***, o que os torna mais suscetíveis à fagocitose.
6. ***Fornecimento de imunidade fetal e neonatal***. A resistência do feto e do neonato às infecções provém principalmente dos anticorpos IgG maternos que ultrapassam a placenta durante a gestação e dos anticorpos IgA que são absorvidos através do leite materno após o nascimento.

A Pele e a Imunidade

A pele não apenas fornece resistência inespecífica às doenças, como também participa ativamente das ações do sistema imune. Os linfócitos de Langerhans na epiderme assumem um papel na imunidade de acordo com o seguinte mecanismo.

Se um antígeno penetra pela epiderme, ele se liga aos linfócitos de Langerhans, que apresentam o antígeno aos linfócitos T auxiliares, que causam a proliferação dos linfócitos T. Estes então entram no sistema linfático e espalham-se por todo o corpo.

Imunologia e Câncer

Quando uma célula normal transforma-se em uma célula cancerosa, ela pode apresentar componentes de superfície celular chamados de ***antígenos de tumor***. Estes são moléculas que raramente, ou nunca, estão presentes na superfície das células normais. Se o sistema imune pode reconhecer os antígenos de tumor como estranhos, ele pode destruir as células cancerosas que os portam. Tal resposta imune é chamada de ***vigilância imunológica*** e é realizada pelos linfócitos T citotóxicos, macrófagos e células exterminadoras naturais. Ela parece ser mais efetiva na eliminação de células tumorais que surgem devido às viroses cancerígenas.

Apesar da vigilância imunológica, algumas células cancerosas escapam à destruição, um fenômeno chamado de ***fuga imunológica***. Uma possível explicação é que as células tumorais descartam seus antígenos tumorais, evadindo assim o reconhecimento. Outra teoria é que os anticorpos produzidos pelos plasmócitos ligam-se aos antígenos tumorais, prevenindo o seu reconhecimento pelos linfócitos T citotóxicos.

As técnicas imunológicas utilizando anticorpos monoclonais poderão ser empregadas no futuro para o tratamento do câncer. Um ***anticorpo monoclonal*** é um anticorpo puro produzido a partir de um clone único de células idênticas. Ele é obtido por meio da união de um linfócito B específico com uma célula cultivada que é capaz de dividir-se indefinidamente. A célula resultante, chamada de *hibridoma*, é uma fonte de longa duração de anticorpos puros.

Os usos clínicos dos anticorpos monoclonais incluem o diagnóstico de amigdalite estreptocócica, gestação, alergias e doenças tais como a hepatite, a raiva e algumas doenças sexualmente transmissíveis. Os anticorpos monoclonais têm também sido utilizados para detectar câncer nos estágios iniciais e para determinar a extensão das metástases. Eles também podem ser usados na preparação de vacinas para evitar a rejeição associada aos transplantes, para tratar doenças auto-imunes e talvez até para tratar a AIDS.

foco no bem-estar

Estilo de Vida, Função Imune e Resistência às Doenças

Se você quer observar as relações entre estilo de vida e função imunológica, faça uma visita a um *campus* universitário. Você provavelmente verá, à medida que o semestre avança e a carga de trabalho aumenta, um aumento no número de alunos nas salas de espera dos serviços de saúde.

O Estresse É o Culpado...?

O estresse tem sido considerado um perigo para a função imunológica. Pesquisadores da área de *psiconeuroimunologia (PNI)* encontraram muitas rotas de comunicação que ligam os sistemas nervoso, endócrino e imune. O estresse crônico afeta o sistema imune de diversas maneiras. Por exemplo, o cortisol, um hormônio secretado pelo córtex supra-renal em associação à resposta ao estresse, inibe a atividade do sistema imunológico, talvez para conservar energia. A pesquisa em PNI parece justificar o que muitas pessoas já observam desde o início dos tempos: seus pensamentos, sentimentos, humores e crenças influenciam o seu nível de saúde e, obviamente, o desenrolar das doenças. Sentimentos de falta de apoio, falta de esperança, medo e isolamento social são especialmente tóxicos ao sistema imunológico.

As pessoas que são resistentes aos efeitos negativos que o estresse tem sobre a saúde têm maior probabilidade de experimentar um sentimento de controle sobre o futuro, comprometimento com o trabalho, expectativas de resultados geralmente positivos para si mesmas e sentimentos de apoio social. Para aumentar sua resistência ao estresse, cultive uma visão positiva e otimista, envolva-se com seu trabalho e construa bons relacionamentos com os outros.

...ou o Estilo de Vida?

Quando o trabalho se acumula e você se sente estressado, os hábitos saudáveis tendem a deteriorar-se. Exatamente quando você precisa de um estilo de vida o mais saudável possível para tamponar os efeitos negativos do estresse, parece que falta tempo até para escovar os dentes. Comprar comida saudável? Preparar comidas em casa? Exercícios? Quem tem tempo?!

Dorme que Amanhã Melhora

Sono e relaxamento adequados são essenciais para um sistema imunológico saudável. Mas, quando o dia não tem horas suficientes, você pode ficar tentado a roubar algumas horas da noite. Mesmo que dormir menos possa render algumas horas a mais de trabalho produtivo a curto prazo, a longo prazo você vai ficar cada vez mais para trás, especialmente quando você fica doente, longe do trabalho (e das comissões) por vários dias, com sua concentração prejudicada e com sua criatividade bloqueada.

Mesmo que você consiga ter suas 8 horas de sono, o estresse pode causar insônia. Se você está escrevendo trabalhos e resolvendo problemas mentalmente enquanto está na cama tentando dormir, é tempo de trabalhar na administração de seu estresse e na sua habilidade de relaxar! Assegure-se de que pode "mudar de canal" e relaxar do estresse do dia, antes de ir dormir.

Maus Hábitos

O estresse das provas e do final de semestre tende a servir de combustível para os hábitos nervosos. Alguns destes hábitos diminuem nossa resistência às doenças. O fumo interfere com a ação dos cílios das vias respiratórias superiores que removem agentes infecciosos do sistema respiratório. Os fumantes têm maior tendência a desenvolver bronquite crônica a partir de um simples resfriado. A privação de sono, o abuso de drogas e de álcool podem reduzir o estresse momentaneamente, mas acabam causando danos à saúde.

Uma Maçã por Dia?

As pessoas que recomendavam uma maçã por dia* estavam no caminho certo. O que você come pode manter o médico longe porque mantém o seu sistema imunológico funcionando em níveis ótimos. O consumo de alimentos variados, incluindo muita fruta e vegetais, geralmente fornece os ingredientes nutricionais necessários.

Exercícios de Resistência

Pesquisas sugerem que as pessoas que se exercitam regularmente pegam menos resfriados e gripes que seus amigos sedentários. O exercício moderadamente vigoroso parece ajudar, porém cuidado: o excesso de exercício pode diminuir a imunidade. E não espere ficar doente para começar a exercitar-se. O exercício quando se está doente diminui ainda mais as suas reservas de energia já exauridas pela doença.

Pensamento Crítico

Você alguma vez observou uma ligação entre estresse e doença em você mesmo? Você acha que a doença foi causada pelo estresse ou outros fatores relacionados ao seu estilo de vida?

*N. de T. Do ditado americano *"an apple a day keeps the doctor away"* (uma maçã por dia mantém o médico longe).

Doenças Comuns

Síndrome da Imunodeficiência Adquirida (SIDA ou AIDS)

Os humanos nunca haviam sido confrontados com uma epidemia na qual a doença primária diminui a imunidade da vítima e as doenças relacionadas produzem os sintomas fatais. A ***Síndrome da Imunodeficiência Adquirida (SIDA ou AIDS)*** é causada pelo *vírus da imunodeficiência humana (HIV)*. A resposta inicial à invasão pelo HIV é um leve declínio no número de linfócitos T auxiliares circulantes. As pessoas infectadas experimentam uma doença semelhante à gripe, com febre e calafrios, mas o sistema imune logo a combate fazendo anticorpos anti-HIV e o número de linfócitos T auxiliares logo volta ao normal. Embora as pessoas infectadas tenham resultados positivos para anticorpos anti-HIV, tipicamente os sintomas clínicos são poucos e elas não têm AIDS. Nos anos seguintes, o vírus lentamente destrói a população de linfócitos T auxiliares. À medida que as respostas imunes enfraquecem, as pessoas desenvolvem certas ***doenças indicadoras*** (doenças raras na população em geral, mas comuns em pacientes com AIDS). Neste momento, faz-se o diagnóstico de AIDS. Uma definição simplificada de portador de AIDS inclui qualquer indivíduo infectado pelo HIV que possua contagem de linfócitos T auxiliares abaixo de 200/mm^3 (uma contagem normal seria 1.200/mm^3).

Duas doenças indicadoras forneceram as primeiras pistas de que uma nova doença havia surgido. A AIDS foi primeiramente reconhecida em junho de 1981 como resultado de relatos, na área de Los Angeles, aos Centros para Controle e Prevenção de Doenças (CDC), de vários casos de um tipo de pneumonia muito raro causado por um fungo. A pneumonia, chamada de pneumonia por *Pneumocystis carinii*, teria ocorrido entre homossexuais do sexo masculino. Na mesma época, os CDCs também receberam relatos de Nova Iorque e de Los Angeles sobre um aumento na incidência de sarcoma de Kaposi (SK) entre homossexuais do sexo masculino. Este câncer de pele, raro, geralmente benigno, até aquele momento aparecia em homens mais velhos de origem judaica ou italiana. Em pacientes com AIDS, é agressivo e rapidamente fatal. O SK origina-se de células endoteliais de vasos sangüíneos e produz lesões de pele indolores, de cor marrom ou púrpura que se assemelham a hematomas.

Nos E.U.A., a AIDS está presente em todos os 50 estados. As vítimas preferenciais são homossexuais masculinos, usuários de drogas injetáveis e pacientes que receberam sangue e derivados antes de 1985, quando os testes para detectar anticorpos anti-HIV começaram a ser feitos em sangue doado. Outro grupo de alto risco são os parceiros heterossexuais de indivíduos portadores do HIV. No mundo todo, entretanto, estima-se que 75% daqueles que têm AIDS foram infectados por meio de contato heterossexual. No presente, o período médio de incubação (tempo decorrido entre a infecção e o desenvolvimento da doença propriamente dita) é em torno de 10 anos. Cinco a oito por cento dos infectados com HIV já sobrevivem há 13 a 16 anos sem desenvolver AIDS. Espera-se que o estudo destes indivíduos, chamados de ***não-progressivos***, revelará o mecanismo do sucesso na resistência à destruição do sistema imune.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) projeta que 40 milhões de pessoas, no mundo, serão infectadas com HIV até o ano 2000. Mais da metade será de mulheres e um quarto será de crianças. O número de americanos atualmente infectados está estimado entre 1 e 1,5 milhão, sendo que a maioria nem sabe que tem o vírus. Assume-se que todos os portadores do vírus o tem para toda a vida e são capazes de transmití-lo a outros.

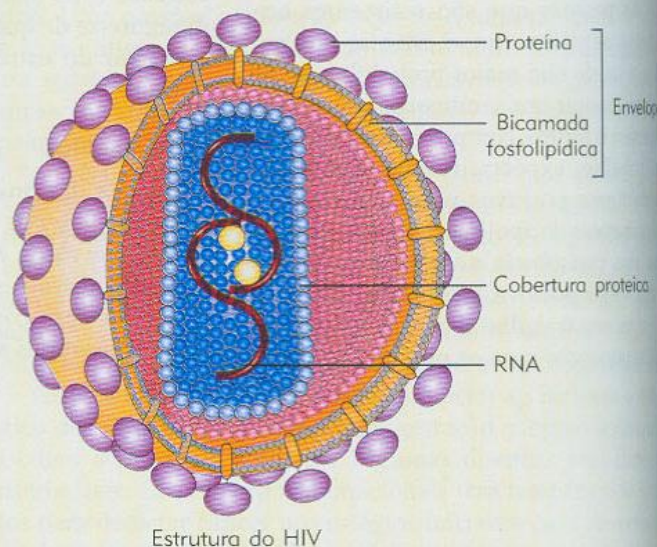
HIV: Estrutura e Infecção

Um vírus consiste de uma porção central de ácido nucléico (DNA ou RNA) recoberta por uma camada de proteína. Alguns vírus também têm um envelope (camada mais externa) composto de uma bicamada fosfolipídica penetrada por proteínas (Figura 17.11). Fora de uma célula hospedeira viva, um vírus não tem funções vitais nem capacidade de replicação. Entretanto, uma vez que o vírus faça contato com uma célula hospedeira, o ácido nucléico viral entra na célula hospedeira. No seu interior, o ácido nucléico viral usa os recursos desta para fazer cópias de si mesmo, bem como, de sua cobertura protéica e envelope. Estes componentes, então, se juntam formando novos vírus que eventualmente deixam a célula infectada e saem para infectar outras células.

Quando os vírus replicam-se, eles danificam ou matam suas células hospedeiras. Além disso, as próprias defesas do corpo podem matar as células infectadas bem como os vírus que elas portam. O vírus da AIDS pode não só matar sua célula hospedeira como também permanecer dormente por anos. Ainda mais, tem meios muito mais complexos para destruir o sistema imune do que se suspeitava.

A infecção pelo HIV tem início quando o vírus liga-se a um receptor protéico na superfície de um linfócito T auxiliar e outras células suscetíveis. Os linfócitos T auxiliares são mortos e, com o progresso do processo, há um declínio da função imune. Lembre-se de que os linfócitos T auxiliares trabalham junto com os linfócitos B para amplificar a produção de anticorpos. A redução no número de linfócitos T auxiliares inibe a produção de anticorpos. Como os linfócitos T auxiliares comandam uma grande parte da defesa imune, sua destruição leva a um colapso do sistema imune e maior suscetibilidade a infecções oportunistas. *Infecções oportunistas* são aquelas que se aproveitam da imunidade comprometida de um indivíduo. Em 60% dos pacientes, a pneumonia por *Pneumocystis carinii* é a infecção oportunista que marca a progressão de infecção por HIV para AIDS propriamente dita.

O vírus da AIDS também ataca macrófagos, células cerebrais (onde causa complexo de demência da AIDS), vasos sangüíneos, células da medula óssea vermelha, células dos có-

Figura 17.11 Vírus da imunodeficência humana (HIV), o agente etiológico da AIDS.

P *Quais células do sistema imune são principalmente deprimidas pela AIDS?*

lons intestinais e células da pele. Células do fígado e coração também são células-alvo. O vírus pode matar estas células ou multiplicar-se nelas, espalhando-se cada vez mais.

Pesquisas atuais sugerem que os macrófagos podem ser, na realidade, as primeiras células invadidas pelo vírus da AIDS. Parece que, uma vez que o vírus invade os macrófagos, ele então se espalha para os linfócitos T auxiliares. Os macrófagos servem como reservatórios de vírus e, mesmo que os vírus utilizem os macrófagos para sua replicação, eles não morrem no processo. Uma conseqüência muito importante disto é que os testes de diagnóstico comumente usados para detectar os anticorpos anti-HIV podem ser negativos mesmo que a pessoa tenha o vírus escondido nos macrófagos. Enquanto guardado nos macrófagos, o vírus não desencadeia a produção de anticorpos que apareceriam no sangue testado. Já está disponível um teste que detecta a presença do vírus da AIDS em macrófagos, antes que os anticorpos no sangue.

Após a infecção com o vírus da AIDS, o hospedeiro desenvolve anticorpos contra várias proteínas virais em um período que vai de 6 semanas a 6 meses após a exposição. A presença destes anticorpos no sangue é a base do diagnóstico da AIDS. Normalmente, os anticorpos desenvolvidos são protetores, mas, quanto ao vírus da AIDS, este não é necessariamente o caso, porque o HIV pode ficar escondido dentro de células do corpo.

Sintomas da AIDS

Os vários estágios, através dos quais o paciente infectado pelo HIV passa, estão correlacionados à diminuição crescente no número de linfócitos T auxiliares. Após a infecção pelo HIV, há sintomas semelhantes aos de uma mononucleose leve que podem até passar desapercebidos. Estes incluem fadiga, febre, glândulas inchadas e dor de cabeça.

No próximo estágio, que dura vários anos, linfonodos no pescoço, nas axilas e na região inguinal estão cronicamente aumentados em tamanho. Então, o número de linfócitos T auxiliares diminui ainda mais, e os pacientes param de responder à maioria dos testes de pele que medem a hipersensibilidade do tipo tardia, uma medida da capacidade do indivíduo de produzir resposta imune celular contra proteínas específicas injetadas sob a pele. Neste momento, a pessoa infectada pelo HIV tem AIDS. As infecções oportunistas se desenvolvem e muitos pacientes sofrem do complexo de demência de AIDS, caracterizado por uma perda progressiva das funções em atividades motoras, cognitivas e comportamentais. A maioria das pessoas que alcança este estágio morre em até 2 anos.

O HIV Fora do Corpo

Fora do corpo, o HIV é frágil e pode ser facilmente eliminado. Por exemplo, em louças e roupas lavadas a 135°F (56°C) por 10 minutos o HIV morre. Substâncias químicas como o peróxido de hidrogênio, conhecido como água oxigenada (H_2O_2), álcool isopropílico, Lysol, água sanitária de uso doméstico (solução de hipoclorito de sódio) e produtos germicidas para a limpeza de pele (como Betadine e Hibiclens) são muito efetivas, bem como a cloração-padrão em piscinas e saunas.

Transmissão

Embora o HIV tenha sido isolado em vários fluidos corporais, as únicas transmissões documentadas foram através de leite materno, sangue, sêmen e secreções vaginais. O vírus é encontrado tanto em macrófagos quanto livre nestes fluidos.

O HIV é transmitido por contato sexual entre homens e mulheres por meio de relações sexuais vaginais, orais e anais. Também é efetivamente transmitido por meio de trocas de sangue, por exemplo, agulhas hipodérmicas contaminadas, contato com feridas abertas ou uso de mesma lâmina de barbear. Mães infectadas podem transmitir o vírus a seus bebês antes e durante o parto. Não parece haver contaminação como resultado de contatos rotineiros não-sexuais.

Não existe evidência de que a AIDS possa ser transmitida pelo beijo, embora o beijo "profundo", com troca de saliva, envolva um perigo teórico. Não há caso conhecido de transmissão por picada de mosquito. Também parece que pessoas que trabalham na área da saúde não estão expostas ao risco de contaminação, contanto que utilizem métodos de barreira rotineiros apropriados (luvas, máscaras, óculos de segurança), a não ser que o método falhe.

Drogas Contra o HIV

Cientistas da área médica estão engajados no que parece ser o maior esforço concentrado de todos os tempos para encontrar a cura para uma doença. Um dos problemas no tratamento do HIV é que ele pode permanecer dormente nas células do corpo. Além disso, o HIV pode infectar uma variedade de células, incluindo as do sistema nervoso central que estão protegidas pela barreira céfalo-sangüínea. Adicionado a este problema, está o das infecções oportunistas, que podem ser muito difíceis de tratar. Além do que, qualquer terapia deve superar o obstáculo de os agentes antivirais poderem também danificar as células hospedeiras. Assim, os cientistas devem criar estratégias para interromper atividades virais específicas.

Até o momento, várias drogas são usadas para inibir a replicação do HIV e retardar a progressão da AIDS. Elas evitam que o HIV faça DNA a partir do RNA, uma atividade necessária para a replicação viral. A primeira, e ainda a mais utilizada, droga para tratar AIDS é o AZT (azidotimidina) ou Retrovir. Entre os pacientes que tomam AZT, há um retardo na progressão dos sintomas. Os principais efeitos colaterais são dano à medula óssea vermelha e anemia. Eventualmente, o vírus desenvolve resistência à droga. Outras drogas são DDI (dideoxinosina), DDC (dideoxicitidina), D4T (estavudina) ou Zerit, saquinavir, ritonavir e indinavir, que podem ser usadas em pacientes que não respondem ao AZT ou que se tornaram resistentes a ele. Mesmo que os pacientes que tomam drogas mostrem melhoras em suas funções imunológicas, por exemplo, aumento no número de linfócitos T auxiliares, os efeitos colaterais são sérios, podendo causar pancreatite e inflamação dos nervos periféricos.

Acredita-se que o alfa-interferon possa inibir o estágio final da produção do vírus. Ele reduz a disseminação do sarcoma de Kaposi e está sendo testado isoladamente e em combinação com outras drogas. Uma grande quantidade de outras drogas está em teste. É bem possível que a AIDS, como o câncer, tenha de ser tratada com uma variedade de drogas.

Vacinas Contra o HIV

Já foram gastos tempo e esforço consideráveis para desenvolver uma vacina contra o HIV, com pouco sucesso. Uma vacina deve estimular a produção de anticorpos para bloquear o vírus antes que ele possa infectar as células do corpo. O desenvolvimento de uma vacina efetiva tem sido impedido pela capacidade que o vírus tem de mutar rapidamente e pela falta de um modelo animal experimental adequado. A maioria dos animais não é suscetível à infecção pelo HIV. E embora os chimpanzés possam ser infectados, não são fáceis de conseguir e sua manutenção é muito cara. Além disso, poderá haver um número pequeno de voluntários quando uma vacina em potencial estiver pronta para testes em humanos. O objetivo de qualquer vacinação é fornecer proteção às pessoas saudáveis para que não sucumbam à doença.

Além do HIV, o que Mais?

Vários aspectos do HIV continuam a confundir os cientistas. Por que algumas pessoas vivem vários anos após a infecção, sem sintomas, enquanto outras progridem rapidamente para a morte? Porque, nos Estados Unidos, a disseminação original deu-se principalmente por contato homossexual enquanto a transmissão heterossexual predomina na África? Por que o sistema imune do corpo não elimina o invasor antes que ele cause a destruição em massa dos linfócitos T auxiliares? Uma das possibilidades é de que haja um segundo agente infeccioso (um *co-fator*) que age em conjunto com o HIV para causar o dano. Um candidato a co-fator é o micoplasma. Classificado como uma bactéria, os micoplasmas são os organismos menores e mais simples que conseguem viver sem um hospedeiro. Experimentos publicados em 1991 mostraram que a co-infecção de linfócitos T auxiliares, em cultura, com HIV e um micoplasma, aumentou a habilidade do HIV de causar a morte das células.

Prevenção da Transmissão

Atualmente, o único meio de evitar a transmissão da AIDS é bloquear a transmissão do HIV. A transmissão por via sexual pode ser bloqueada pela abstinência de relações vaginais, orais e anais com pessoas infectadas. A transmissão por via sexual pode ser reduzida pelo uso de métodos de barreira efetivos (preservativos e espermicidas, como o nonoxinol 9) durante as relações sexuais. A infecção por sangue doado e seus derivados já é, hoje, muito rara. É importante notar que ninguém se contamina doando sangue. Nos Estados Unidos, todo o sangue é testado para os anticorpos anti-HIV desde 1985. A transmissão de HIV via agulhas hipodérmicas contaminadas poderia ser evitada esterilizando-se as agulhas com água sanitária antes de cada utilização. Em 1994, pesquisadores concluíram que o uso de AZT durante a gravidez reduz enormemente o risco de transmitir o vírus ao feto. Até que haja uma terapia efetiva com drogas, ou uma vacina eficiente, o bloqueio da disseminação do HIV depende de educação e práticas sexuais seguras.

Doenças Auto-imunes

Sob condições normais, o mecanismo imunológico do corpo é capaz de reconhecer seus próprios tecidos e substâncias químicas e não produz linfócitos T ou B contra suas próprias substâncias. Este reconhecimento de si próprio é chamado de ***tolerância imunológica***.

Há momentos, entretanto, em que a tolerância imunológica falha, e isto leva a uma ***doença auto-imune (auto-imunidade)***. Por razões ainda desconhecidas, certos tecidos sofrem mudanças que fazem com que o sistema imune os reconheça como antígenos estranhos e os ataque. Entre as doenças auto-imunes humanas, podemos citar a artrite reumatóide (AR), o lúpus eritematoso sistêmico (LES), a febre reumática, o glomerulonefrite, as anemias hemolítica e perniciosa, a doença de Addison, a doença de Graves, o diabete melito tipo I, a miastenia grave, a esclerose múltipla (EM) e a colite ulcerativa.

Lúpus Eritematoso Sistêmico

O ***Lúpus Eritematoso Sistêmico, LES***, ou ***lúpus*** (*lupus* = lobo) é uma doença auto-imune, não-contagiosa e inflamatória do tecido conjuntivo, ocorrendo principalmente em mulheres jovens. No LES, o dano à parede dos vasos sangüíneos resulta na liberação de substâncias químicas que medeiam a inflamação. O dano ao vaso sangüíneo pode ser associado a, virtualmente, qualquer sistema do corpo. A doença pode ser desencadeada por drogas, tais como penicilina, sulfa ou tetraciclina, exposição excessiva à luz do sol, machucados, problemas emocionais, infecção e outros tipos de estresse.

Os sintomas do LES incluem articulações doloridas, febre baixa, fadiga, úlceras na boca, perda de peso, baço e linfonodos aumentados, fotossensibilidade, perda rápida de grandes quantidades de cabelo e, algumas vezes, uma erupção na asa do nariz e nas bochechas chamada de "erupção borboleta". As complicações mais graves da doença envolvem inflamação dos rins, do fígado, do baço, dos pulmões, do coração e do sistema nervoso central.

Imunodeficiência Combinada Grave (IDCS)

A ***Imunodeficiência Combinada Grave*** é uma doença rara na qual tanto os linfócitos T quanto os linfócitos B estão ausentes ou inativos na produção da imunidade. Talvez o paciente mais famoso desta doença tenha sido David, o "menino da bolha de plástico", que viveu em uma câmara plástica estéril durante quase toda a vida (com exceção de 15 dias); ele morreu em 22 de fevereiro de 1984, aos 12 anos de idade. Ele é o paciente com IDCS não-tratada que sobreviveu por mais tempo.

Hipersensibilidade (Alergia)

Uma pessoa que reage de maneira exacerbada a um antígeno é dita ***hipersensível*** (*alérgica*). Sempre que uma reação alérgica ocorre, há dano a tecidos. Os antígenos que induzem a uma reação alérgica são chamados de ***alérgenos***. Quase qualquer substância pode ser um alérgeno para alguns indivíduos. Os alérgenos comuns incluem certos alimentos (leite, amendoim, crustáceos e ovos), antibióticos (penicilina, tetraciclina), vitaminas (tiamina, ácido fólico), drogas protéicas (insulina, ACTH, estradiol), vacinas (coqueluche, febre tifóide), venenos (abelha, vespa, cobra), cosméticos, substâncias químicas em plantas (urtiga), pólens, poeira, fungos, corantes que contêm iodo usados em procedimentos de raio X, e mesmo micróbios.

Algumas reações alérgicas, tais como urticária, eczema, inchaço de lábios e língua, câibras abdominais e diarréia, são ditas ***localizadas*** (afetam um órgão ou área limitada). Outras são consideradas ***sistêmicas*** (afetam vários órgãos ou o corpo todo). Um exemplo é a anafilaxia aguda (choque anafilático), na qual a pessoa desenvolve problemas respiratórios (chiados e falta de ar) devido à constrição dos bronquíolos, geralmente acompanhados de insuficiência cardiovascular e colapso devido à vasodilatação e à perda de fluidos do sangue.

Rejeição de Tecidos

Transplante é a substituição de um tecido ou órgão danificado. Geralmente, o corpo reconhece as proteínas do tecido ou órgão transplantado como estranhas e produz anticorpos contra elas. Isto é conhecido como ***rejeição de tecidos***. A rejeição pode ser reduzida, em parte, pela compatibilidade dos antígenos HLA entre doador e receptor e pelo uso de drogas que inibem a habilidade que o corpo tem de formar anticorpos. Até recentemente, ***drogas imunossupressivas*** suprimiam não somente a rejeição imonológica do órgão, mas também a resposta imune a todos os antígenos, no receptor. Isto torna os pacientes suscetíveis a doenças infecciosas. Uma droga chamada de *ciclosporina*, derivada de um fungo, tem auxiliado muito a suplantar este problema em transplantes de rim, coração e fígado. Ela tem muito pouco efeito sobre os linfócitos B.

Doença de Hodgkin (DH)

A ***doença de Hodgkin (DH)*** é uma forma de câncer, geralmente originada em linfonodos. Pode originar-se de uma combinação de predisposição genética, distúrbios no sistema imune e um agente infeccioso (o vírus Epstein-Barr).

Terminologia e Condições Médicas

Adenite (*adeno* = glândula; *itis* = inflamação de) Linfonodos aumentados, doloridos e inflamados como resultado de uma infecção.

Hiperesplenismo (*hyper* = acima) Atividade anormal do baço decorrente de aumento de tamanho e associada a um aumento na taxa de destruição de células sangüíneas normais.

Linfadenectomia (*ectomy* = remoção) Remoção de um linfonodo.

Linfadenopatia (*pathos* = doença) Glândulas linfáticas aumentadas e, às vezes, doloridas.

Linfangioma (*angio* = vaso; *oma* = tumor) Um tumor benigno dos vasos linfáticos.

Linfangite Inflamação dos vasos linfáticos.

Linfedema (*edema* = inchaço) Acúmulo de fluido linfático produzindo edema na tela subcutânea.

Linfoma Qualquer tumor constituído de tecido linfático.

Esplenomegalia (*mega* = grande) Baço aumentado.

Resumo dos Estudos

Funções (p. 383)

1. O sistema linfático consiste de linfa, vasos linfáticos e estruturas e órgãos que contêm tecido linfático (tecido reticular especializado que contém grande número de linfócitos).
2. Os componentes do sistema linfático que contêm tecido linfático são o tecido linfático difuso, os folículos linfáticos e os órgãos linfáticos (linfonodos, baço e timo).
3. O sistema linfático drena o excesso de fluido dos espaços tissulares e devolve as proteínas, que escaparam do sangue, ao sistema circulatório, transporta lipídios e algumas vitaminas da trato gastrintestinal ao sangue e confere imunidade.

Linfa e Fluido Intersticial (p. 383)

1. Fluido intersticial e linfa são basicamente a mesma coisa. Quando o fluido banha as células do corpo, é chamado de fluido intersticial; quando se encontra nos vasos linfáticos, é chamado de linfa.
2. Estes fluidos diferem quimicamente do plasma por conterem menos proteínas.

Capilares Linfáticos e Vasos Linfáticos (p. 383)

1. Os vasos linfáticos originam-se de capilares linfáticos nos espaços tissulares entre células.
2. Os capilares linfáticos unem-se para formar grandes vasos, chamados de vasos linfáticos, que, por fim, convergem no ducto torácico ou no ducto linfático direito.
3. Os vasos linfáticos têm paredes mais finas e mais válvulas que as veias.

Tecido Linfático (p. 383)

1. Os linfonodos são estruturas ovais localizadas ao longo dos vasos linfáticos.
2. A linfa entra nos linfonodos através dos vasos linfáticos aferentes e os deixa pelos vasos linfáticos eferentes.
3. A linfa é filtrada quando passa pelos linfonodos. Estes também produzem plasmócitos e linfócitos T.
4. Uma tonsila é um grupo de folículos linfáticos grandes implantados na túnica mucosa. As tonsilas são a faríngea, a palatina e a lingual.
5. O baço é a maior massa de tecido linfático individual no corpo. Produz linfócitos B, fagocita bactérias e glóbulos vermelhos desgastados e armazena sangue. No início da vida fetal, o baço produz células sangüíneas.
6. O timo tem função na imunidade pela produção de linfócitos T.

Circulação Linfática (p. 387)

1. É a passagem da linfa do fluido intersticial seqüencialmente aos capilares linfáticos, aos vasos linfáticos, aos troncos linfáticos, ao ducto torácico ou ao ducto linfático direito e às veias subclávias.
2. O fluxo da linfa resulta das contrações dos músculos estriados esqueléticos, dos movimentos respiratórios e das válvulas nos vasos linfáticos.

Resistência Inespecífica às Doenças (p. 388)

1. É a habilidade de eliminar doenças utilizando uma variedade de mecanismos de defesa chamados de resistência. A falta de resistência é chamada de suscetibilidade.
2. A resistência inespecífica refere-se a uma ampla variedade de respostas corporais contra uma igualmente ampla variedade de patógenos.
3. A resistência inespecífica inclui fatores mecânicos (pele, túnicas mucosas, aparelho lacrimal, saliva, muco, pelos, cílios, epiglote, fluxo de urina, defecação e vômito), fatores químicos (lisozima, suco gástrico, pH ácido da pele, secreções vaginais, sebo e transpiração), substâncias antimicrobianas (interferons e complemento), células exterminadoras naturais, fagocitose, inflamação e febre.

Imunidade (Resistência Específica às Doenças) (392)

1. A resistência específica a doenças envolve a produção de um linfócito ou anticorpo específico contra um antígeno específico e é chamada de imunidade.
2. A imunidade adquirida desenvolve-se ao longo da vida como resultado do contato com antígenos. Pode ser obtida ativa ou passivamente, natural ou artificialmente.
3. Os antígenos são substâncias químicas que, quando introduzidas no corpo, estimulam a produção de anticorpos que reagem com o antígeno.
4. Alguns exemplos de antígenos incluem micróbios (bactérias e vírus), pólen, células sangüíneas incompatíveis e transplantes.
5. Os anticorpos são proteínas produzidas em resposta aos antígenos.

6. Baseados na sua estrutura e química, os anticorpos são divididos em cinco classes, cada uma com um papel biológico específico (IgG, IgA, IgM, IgD e IgE). Veja o Quadro 17.2.
7. A imunidade celular refere-se à destruição dos antígenos por linfócitos T.
8. A imunidade humoral refere-se à destruição de antígenos por anticorpos, que são produzidos por descendentes de linfócitos B chamados de plasmócitos.
9. Os linfócitos T e B desenvolvem-se a partir de células da medula óssea vermelha.
10. Os macrófagos processam e apresentam os antígenos aos linfócitos T e B e secretam substâncias que induzem a produção de linfócitos T e B.
11. Existem cinco tipos de linfócitos T: linfócitos T auxiliares, que estimulam o crescimento e a divisão dos linfócitos T citotóxicos, atraem fagócitos, aumentam a fagocitose pelos macrófagos e estimulam o desenvolvimento de linfócitos B; linfócitos T citotóxicos (exterminadores), que destroem os antígenos ao contato, por citólise e dano ao DNA; linfócitos T de hipersensibilidade do tipo tardia recrutam macrófagos em resposta às reações alérgicas e aos tecidos transplantados; linfócitos T supressores inibem a atividade dos linfócitos T auxiliares e dos linfócitos T citotóxicos, inibem fagócitos, deprimem a produção de anticorpos por plasmócitos e evitam respostas auto-imunes; e linfócitos T de memória, que reconhecem os antígenos quando são reintroduzidos no corpo posteriormente.
12. As células exterminadoras naturais são linfócitos que parecem linfócitos T citotóxicos que matam muitos micróbios infecciosos e células tumorais por citólise. As células exterminadoras naturais não necessitam da interação com linfócitos ou antígenos.
13. Os linfócitos B transformam-se em plasmócitos produtores de anticorpos sob a influência de hormônios do timo e de substâncias secretadas por macrófagos e linfócitos T. Os linfócitos B de memória reconhecem um antígeno invasor que já tenha infectado o corpo em um momento anterior.
14. A resposta secundária proporciona a base para a imunização contra determinadas doenças.
15. Funcionalmente, os anticorpos neutralizam antígenos, imobilizam bactérias, aglutinam antígenos, ativam o complemento e aumentam a fagocitose.
16. As propriedades imunológicas da pele são decorrentes das células de Langerhans e dos queratinócitos.
17. As células de câncer contêm antígenos específicos de tumor e são geralmente destruídas pelo sistema imune do corpo (vigilância imunológica); algumas células de câncer escapam a esta detecção e destruição, um fenômeno chamado de fuga imunológica.

Auto-avaliação

1. Qual das seguintes afirmações NÃO é verdadeira com relação ao sistema linfático?
   a. Os vasos linfáticos transportam lipídios do trato gastrintestinal para o sangue. b. A linfa é mais semelhante ao fluido intersticial que ao sangue. c. O tecido linfático é encontrado em uns poucos órgãos isolados do corpo. d. A estrutura única dos vasos linfáticos permite que o sangue flua para dentro, mas não para fora deles. e. A estrutura dos vasos linfáticos lembra muito a das veias.
2. Qual das seguintes seqüências representa melhor o fluxo da linfa dos espaços intersticiais até o sangue?
   a. capilares linfáticos → ductos linfáticos → vasos linfáticos → veias subclávias b. veias subclávias → capilares linfáticos → vasos linfáticos → ductos linfáticos c. capilares linfáticos → vasos linfáticos → ductos linfáticos → veias subclávias d. ductos linfáticos → vasos linfáticos → capilares linfáticos → veias subclávias e. capilares linfáticos → vasos linfáticos → veias subclávias → ductos linfáticos
3. Qual das seguintes substâncias é(são) produzida(s) pelas células infectadas por vírus para proteger as células não-infectadas da invasão viral?
   a. complemento b. prostaglandinas c. fibrina d. interferons e. histamina
4. A transferência de anticorpos de uma mãe grávida ao feto é um tipo de:
   a. imunidade passiva naturalmente adquirida b. imunidade ativa artificialmente adquirida c. imunidade ativa naturalmente adquirida d. imunidade passiva artificialmente adquirida e. resistência inespecífica
5. As células envolvidas no ataque e na destruição de agentes externos tais como fungos, parasitas, células de câncer e tecidos estranhos são:
   a. linfócitos T b. plasmócitos c. linfócitos B d. células exterminadoras naturais e. vírus
6. Qual(is) das seguintes afirmações sobre os linfócitos B é(são) verdadeira(s)?
   a. São incapazes de deixar o tecido linfático para confrontar diretamente antígenos estranhos. b. Alguns podem transformar-se em plasmócitos que secretam anticorpos. c. Os linfócitos B não-ativados são chamados de linfócitos B de memória. d. Os linfócitos B citotóxicos (exterminadoras) são transportados na linfa e no sangue para reagir com os antígenos estranhos. e. Todas as afirmações acima são verdadeiras.
7. A resposta secundária na imunidade celular:
   a. é caracterizada por um aumento lento no nível de anticorpos e, depois, um declínio gradual b. é uma resposta intensa pelas células de memória para produzir anticorpos quando um antígeno é encontrado novamente no corpo c. produz anticorpos em menor número, mas mais reativos que os que ocorrem durante a resposta primária d. ocorre quando se recebe a primeira vacina contra uma doença e. é raramente observada, com exceção das doenças auto-imunes.
8. Qual das seguintes afirmações NÃO é verdadeira com relação ao HIV e à AIDS?
   a. O HIV pode ficar dormente por anos. b. O HIV ataca os linfócitos T auxiliares. c. Inicialmente, o HIV pode ficar escondido nos macrófagos e os anticorpos não se desenvolvem. d. O HIV é facilmente transmitido por contato casual como aperto de mão, tosse e compartilhar o mesmo talher. e. A maioria das mortes por AIDS ocorre devido às infecções secundárias pela falta de resposta imune em pleno funcionamento.

9. A habilidade do sistema imune do corpo de reconhecer seus próprios tecidos é conhecida como:
a. fuga imunológica b. tolerância imunológica c. auto-imunidade d. resistência inespecífica e. hipersensibilidade
10. Coloque as seguintes etapas do processo inflamatório na ordem correta:
I. Migração de neutrófilos
II. Vasodilatação e permeabilidade aumentada
III. Formação de pus
IV. Migração de monócitos
V. Formação da rede de fibrina para formar um coágulo
VI. Transformação dos monócitos em macrófagos errantes
____, ____, ____, ____, ____, ____
11. Faça as associações:

_____	a. destroem antígenos por citólise	A. Linfócitos T supressores
_____	b. estimulam outras células do sistema B imune	Linfócitos T citotóxicos
_____	c. envolvidos em reações alérgicas e rejeição de tecido transplantado	C. Linfócitos T auxiliares
_____	d. programados para reconhecer o antígeno invasor original; permitem que a imunidade dure anos	D. Linfócitos T de hipersensibilidade do tipo tardia
_____	e. deprimem partes da resposta imune; auxiliam na prevenção de respostas auto-imunes	E. Linfócitos T de memória
_____	f. têm função na resistência inespecífica	F. Linfócitos B
_____	f. transformam-se em plasmócitos	G. Linfócitos exterminadores naturais

12. O(s) órgão(s) linfático(s) que tem(têm) função na produção de linfócitos T e hormônios que promovem a maturação dos linfócitos T é(são):
a. tonsila b. baço c. medula óssea vermelha d. timo e. troncos linfáticos
13. A resistência inespecífica inclui todas as seguintes substâncias químicas ou células, EXCETO:
a. complemento b. imunoglobulina c. células exterminadoras naturais d. lisozima e. interferon
14. Coloque as fases da fagocitose na ordem correta:
1. Aderência ao material estranho
2. Quimiotaxia dos fagócitos
3. Exocitose dos materiais não-digeríveis
4. Ingestão do material estranho
a. 1, 2, 3, 4 b. 2, 1, 3, 4 c. 2, 1, 4, 3 d. 1, 4, 3, 2 e. 4, 3, 2, 1
15. A inflamação NÃO se caracteriza por:
a. dor b. rubor c. edema d. odor pútrido e. calor
16. A imunidade humoral envolve:
a. produção de anticorpos b. proliferação de linfócitos T citotóxicos c. produção de linfócitos T de memória d. animar o paciente (psiconeuroimunologia) e. produção de pus
17. A pele tem função na imunidade específica auxiliando a aumentar o número de linfócitos T após:
a. a aderência de sebo ao microrganismo b. a ligação de antígenos às células de Langerhans c. a estimulação de macrófagos por luz UV d. as lisozimas matarem as bactérias e. o muco aprisionar os micróbios no epitélio ciliar
18. Uma irritação de pele, coceira e edema após a exposição à urtiga é um exemplo de:
a. resistência inespecífica b. hipersensibilidade c. auto-imunidade d. quimiotaxia e. anafilaxia aguda

Aplicação do Pensamento Crítico

1. Irene enfiou uma farpa no pé na praia. Ela deixou de limpar o local apropriadamente e a ferida acabou infectada. Trace a rota dos micróbios através do sistema linfático.
2. Bob fez um corte feio na mão enquanto limpava o esgoto da casa. Descreva a resposta de seu corpo à invasão de micróbios através da pele cortada.
3. Antes do início dos testes no sangue para detectar o HIV, muitos hemofílicos receberam sangue e seus derivados contaminados com HIV e contraíram AIDS. Qual a probabilidade de se infectar com HIV por contato casual com alguém com AIDS?
4. Kathryn fica péssima na primavera. Seus olhos lacrimejam e coçam e seu nariz fica congestionado. Qual o seu problema e por que seu corpo reage desta maneira?
5. O bebê Carlos deve tomar sua vacina contra sarampo, caxumba e rubéola. Como a imunização protege a criança contra as doenças?
6. Após a infecção por catapora, o vírus pode ficar dormente nos nervos espinhais por muitos anos. Se o vírus voltar a atividade, resulta em uma condição chamada de herpes zóster. Se a catapora puder ser evitada com a vacinação, é possível que ocorra herpes zóster? Explique.

Respostas às Perguntas das Figuras

17.1. Tecido conjuntivo reticular que contém grande número de linfócitos.
17.2. Fluido intersticial, porque o conteúdo protéico é baixo.
17.3. Os macrófagos podem fagocitá-las, os linfócitos T podem destruí-las pela liberação de substâncias antimicrobianas ou os anticorpos produzidos por plasmócitos podem destruí-las.
17.4. Capilares.
17.5. Neutrófilos e macrófagos.
17.6. Rubor, maior fluxo de sangue devido à vasodilatação; dor, dano às fibras nervosas, irritação pelas toxinas dos micróbios, quininas, prostaglandinas, pressão pelo edema; calor, aumento do fluxo sangüíneo, calor liberado por aumento das reações metabólicas locais; edema, vazamento de fluidos dos capilares devido a um aumento na permeabilidade.
17.7. Proteínas.
17.8. Processamento e apresentação de antígenos.
17.9. Hormônios produzidos pelo timo.
17.10. IgG.
17.11. Linfócitos T auxiliares.

O Sistema Respiratório

objetivos do aprendizado

1. Descrever a estrutura do nariz e como ele funciona na respiração.
2. Descrever a estrutura da faringe e como ela funciona na respiração.
3. Descrever a estrutura da laringe e explicar como ela funciona na respiração e na produção da voz.
4. Descrever a estrutura e as funções da traquéia e dos brônquios.
5. Descrever a estrutura dos pulmões e seu papel na respiração.
6. Explicar como a inspiração e a expiração ocorrem.
7. Explicar como o oxigênio e o dióxido de carbono são trocados entre os pulmões e o sangue e entre o sangue e as células do corpo.
8. Descrever como o sangue transporta o oxigênio e o dióxido de carbono.
9. Explicar como o sistema nervoso controla a respiração, e listar os fatores que podem alterar a freqüência respiratória.

uma visão geral

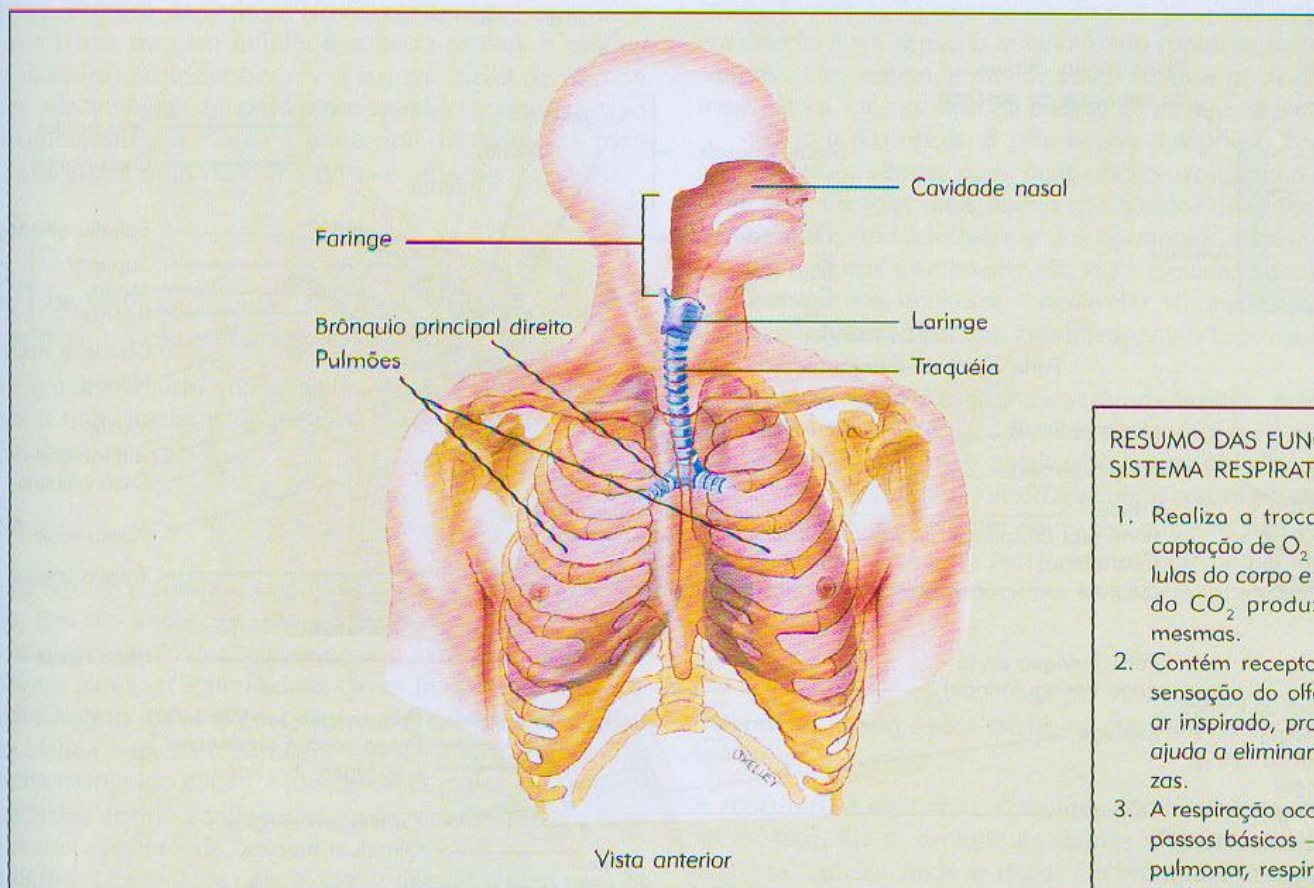
As células utilizam continuamente o oxigênio (O_2) para as reações metabólicas que liberam energia a partir das moléculas dos nutrientes e produzem ATP. Ao mesmo tempo, essas reações liberam dióxido de carbono (CO_2). O consumo de oxigênio e a produção de dióxido de carbono ocorrem nas mitocôndrias devido à respiração celular que ocorre aí. Uma vez que uma quantidade excessiva de CO^2 produz acidez que é tóxica às células, o excesso de CO_2 deve ser eliminado rápida e eficientemente. Os dois sistemas que suprem oxigênio e eliminam dióxido de carbono são os sistemas cardiovascular (circulatório) e respiratório. Eles participam igualmente na respiração. O sistema respiratório garante as trocas gasosas, a captação de O_2 e a eliminação de CO_2, enquanto o sistema cardiovascular (circulatório) transporta os gases no sangue entre os pulmões e as células. A falha de ambos os sistemas tem o mesmo efeito no corpo: interrupção da homeostase e morte rápida das células por falta de oxigênio e acúmulo de subprodutos tóxicos. Além de atuar na troca gasosa, o sistema respiratório também contém receptores para a sensação do olfato, filtra o ar inspirado e produz sons.

A troca de gases entre a atmosfera, o sangue e as células é denominada ***respiração***. Três processos básicos estão envolvidos. O primeiro processo, a ***ventilação pulmonar***, ou respiração, é a inspiração (entrada) e expiração (saída) de ar entre a atmosfera e os pulmões. O segundo processo, a ***respiração externa (pulmonar)***, é a troca de gases entre os pulmões e o sangue; o sangue recebe O_2 e libera CO_2. O terceiro processo, ***respiração interna (tecidual)***, é a troca de gases entre o sangue e as células; o sangue fornece O_2 e recebe CO_2.

O ***sistema respiratório*** consiste do nariz, da faringe (garganta), da laringe (caixa de voz), da traquéia, dos brônquios e dos pulmões (Figura 18.1). Estruturalmente, o sistema respiratório consiste de duas porções: (1) o termo ***sistema respiratório superior*** refere-se ao nariz, à faringe e às estruturas associadas; (2) o ***sistema respiratório inferior*** refere-se à laringe, à traquéia, aos brônquios e aos pulmões. Funcionalmente, o sistema respiratório também consiste de duas porções: (1) a ***porção condutora*** consiste de uma série de cavidades e tubos em continuidade – nariz, faringe, laringe, traquéia, brônquios e bronquíolos, que conduzem o ar aos pulmões; (2) a ***porção respiratória*** consiste daquelas porções do sistema respiratório nas quais ocorre a troca de gases – bronquíolos respiratórios, dúctulos alveolares, sáculos alveolares e alvéolos dos pulmões.

O ramo da Medicina que estuda o diagnóstico e o tratamento das doenças das orelhas, do nariz e da garganta é denominado ***otorrinolaringologia*** (*oto* = orelha, *rino* = nariz).

Figura 18.1 Órgãos do sistema respiratório em relação às estruturas circundantes.

A parte superior do sistema respiratório inclui o nariz, a faringe e as estruturas associadas. A parte inferior do sistema respiratório inferior inclui a laringe, a traquéia, os brônquios e os pulmões.

RESUMO DAS FUNÇÕES DO SISTEMA RESPIRATÓRIO

1. Realiza a troca gasosa – captação de O_2 para as células do corpo e eliminação do CO_2 produzido pelas mesmas.
2. Contém receptores para a sensação do olfato, filtra o ar inspirado, produz sons e ajuda a eliminar as impurezas.
3. A respiração ocorre em três passos básicos – ventilação pulmonar, respiração externa (pulmonar) e respiração interna (tecidual).

Que estruturas são parte da porção condutora do sistema respiratório?

Órgãos

Nariz

Objetivo: *Descrever a estrutura do nariz e como ele funciona na respiração.*

Anatomia

O ***nariz*** tem uma porção externa visível e uma porção interna dentro do crânio (Figura 18.2). A porção externa consiste de osso e cartilagem cobertos com pele externamente e revestidos com túnica mucosa internamente. Ela tem duas aberturas denominadas ***narinas.***

A porção interna do nariz é uma ampla cavidade no crânio, que se situa abaixo do neurocrânio e acima da boca. Comunica-se com a faringe através de duas aberturas denominadas ***cóanos***. Quatro seios paranasais (frontal, esfenoidal, maxilar e etmoidal) e os ductos nasolacrimais também se conectam ao nariz interno. A cavidade dentro das porções externa e interna do nariz é denominada ***cavidade nasal***, e é dividida nos lados direito e esquerdo por uma divisória denominada ***septo do nariz***. O septo consiste da lâmina perpendicular do osso etmóide, vômer e cartilagem (veja a Figura 6.11).

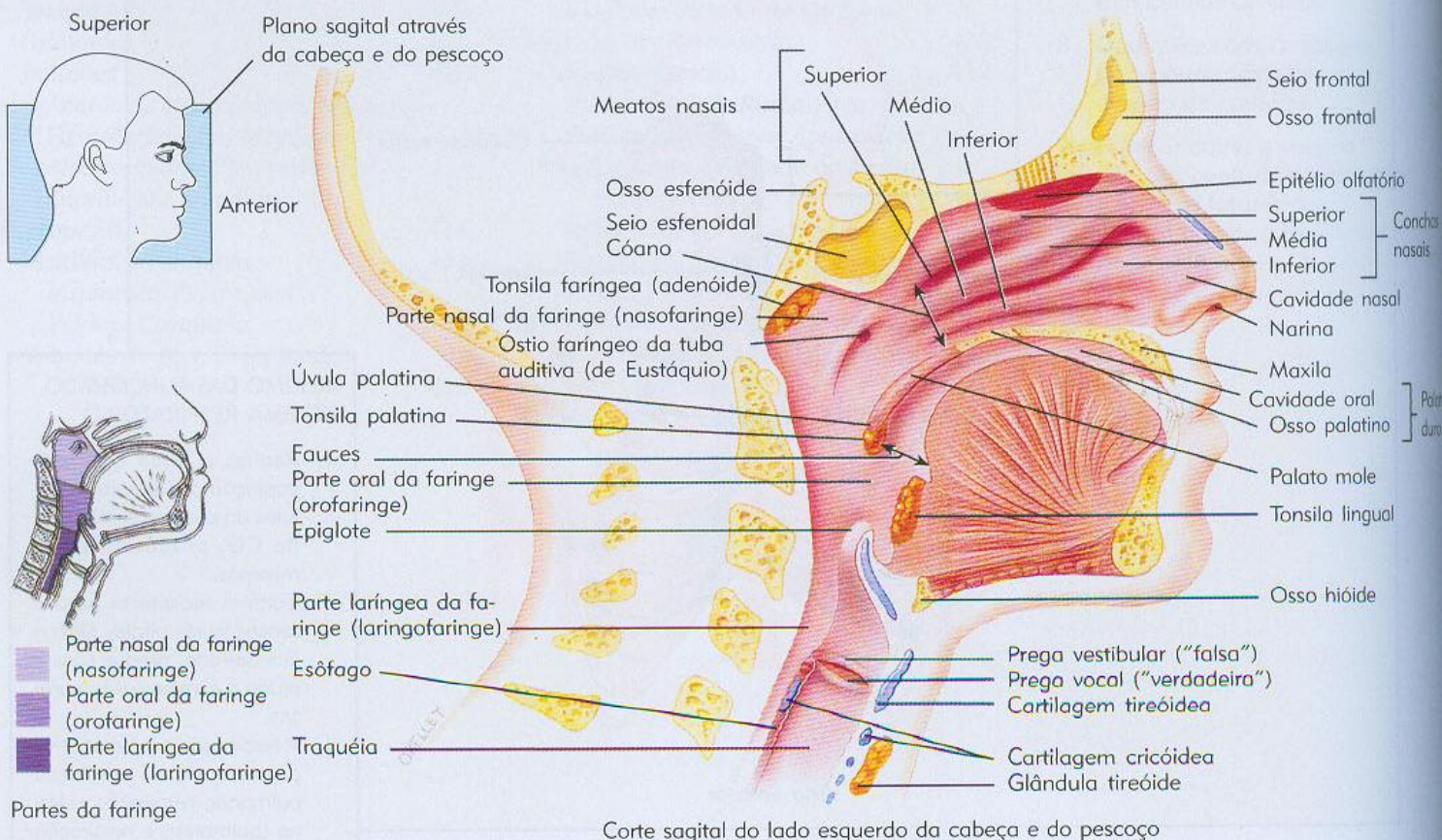
Funções

As estruturas internas do nariz são especializadas para três fu- ções básicas: (1) aquecer, umedecer e filtrar o ar que entra; (2) receber estímulos olfatórios; e (3) fornecer uma câmara de resso- nância para os sons da fala.

Quando o ar entra pelas narinas, passa através de pêlos gro- sos que filtram as partículas grandes de pó. O ar então passa p- três "prateleiras" formadas pelas ***conchas nasais*** superior, mé- dia e inferior, que se salientam da parede lateral da cavidade. Um- túnica mucosa reveste a cavidade e suas projeções. As conch- nasais aumentam a área para o aquecimento, o umedecimento e filtração do ar inspirado. Acima das conchas nasais superiores s- tua-se o ***epitélio olfatório*** que recebe os estímulos olfatórios.

A túnica mucosa da cavidade do nariz contém epitélio colun- pseudoestratificado ciliado com muitas células produtoras de mu- e um extenso suprimento sangüíneo no tecido conjuntivo subjacente. À medida que o ar circula em torno das conchas nasais, ele é aqueci- pelos capilares no tecido conjuntivo. O muco secretado pelas célu- mucosas umedece o ar e aprisiona as partículas de pó. Os cílios move- o muco e os grumos de pó em direção à faringe, onde eles pode- ser deglutidos ou eliminados do corpo. As substâncias na fumaça d- cigarro inibem o movimento dos cílios. Quando isto ocorre, somen- a tosse pode remover os grumos de muco e pó das vias aéreas. Es- é uma razão pela qual os fumantes tossem freqüentemente.

Figura 18.2 Órgãos respiratórios na cabeça e no pescoço.

À medida que o ar passa através do nariz, é aquecido, filtrado e umedecido.

Qual é o caminho seguido pelas moléculas de ar dentro e através do nariz?

Faringe

Objetivo: *Descrever a estrutura da faringe e como ela funciona na respiração.*

A ***faringe*** (garganta), é um tubo que começa nos cóanos e estende-se para baixo no pescoço (veja a Figura 18.2). Ela se situa logo atrás das cavidades nasal e oral e logo em frente às vértebras cervicais. Sua parede é composta de músculo esquelético e revestida com túnica mucosa. A faringe funciona como uma passagem para o ar e o alimento, e fornece uma câmara de ressonância para os sons da fala.

A porção superior da faringe, denominada parte nasal da faringe (***nasofaringe***), tem as seguintes comunicações: dois cóanos (com a cavidade nasal), dois óstios faríngeos das tubas auditivas (com as tubas auditivas) e o istmo faríngeo (com a parte oral da faringe). A parede posterior contém a tonsila faríngea (adenóide, quando se torna inflamada). Através dos cóanos, a parte nasal da faringe troca ar com a cavidade nasal e recebe muco cheio de pó. Ela é revestida com epitélio colunar pseudo-estratificado ciliado, e os cílios movem o muco para baixo, em direção à boca. A parte nasal da faringe também troca pequenas quantidades de ar com as tubas auditivas (de Eustáquio) para igualar a pressão do ar entre a faringe e a orelha média.

A parte oral da faringe (***orofaringe***) tem uma comunicação com a boca, denominada istmo da ***fauce*** (*fauces* = garganta) e serve como uma passagem comum para o ar e o alimento. Ela é revestida com epitélio escamoso estratificado não-queratinizado, pois está sujeita à abrasão por partículas alimentares grosseiras e ásperas. Dois pares de tonsilas, palatina e lingual, são encontrados na parte oral da faringe (veja também a Figura 12.3b).

A parte laríngea da faringe (***laringofaringe***) estende-se para baixo a partir do osso hióide, e conecta-se com o esôfago (canal do alimento) posteriormente e a laringe (caixa de voz) anteriormente. Ela também é revestida com epitélio escamoso estratificado não-queratinizado. Como a parte oral da faringe, a parte laríngea da faringe é uma via respiratória e uma via digestória.

Laringe

Objetivo: *Descrever a estrutura da laringe e explicar como ela funciona na respiração e na produção da voz.*

A laringe é um órgão curto que conecta a faringe com a traquéia. Ela se situa na linha mediana do pescoço, diante da quarta, quinta e sexta vértebras cervicais.

Anatomia

A parede da laringe é composta de nove peças de cartilagem (Figura 18.3). Três são ímpares e três são pares. As três peças ímpares são a cartilagem tireóidea, a epiglote e a cartilagem cricóidea. Das cartilagens pares, as aritenóideas são as mais importantes.

A ***cartilagem tireóidea (pomo de Adão)*** consiste de cartilagem hialina e forma a parede anterior da laringe, dando a ela sua forma triangular. Ela é freqüentemente maior nos homens que nas mulheres devido à influência dos hormônios sexuais masculinos durante a puberdade.

A ***epiglote*** (*epi* = acima de; *glotta* = língua) é uma peça de cartilagem elástica grande e em forma de folha, revestida por epitélio, situada no topo na parte superior (veja também a Figura 18.2). O pecíolo ("caule") da epiglote está fixado à cartilagem tireóidea, mas a porção da "folha" não é fixa, ficando livre para se mover para cima e para baixo como uma porta de alçapão. Durante a deglutição, a laringe eleva-se, fazendo a epiglote cobrir o ádito da laringe como uma tampa, fechando-o. A ***glote*** é a região que contém as pregas vocais (discutidas a seguir) e o espaço entre elas. A epiglote fecha a laringe de modo que os líquidos e os alimentos são desviados para o esôfago, parte do sistema digestório, e mantidos fora da laringe e das passagens de ar inferiormente a ela. Quando alguma coisa diferente do ar passa para a laringe, um reflexo da tosse tenta expelir o material.

A ***cartilagem cricóidea*** é um anel de cartilagem hialina fixado ao primeiro anel de cartilagem da traquéia.

As ***cartilagens aritenóideas*** pares são principalmente de cartilagem hialina, localizadas acima da cartilagem cricóidea. Elas fixam-se às pregas vocais e aos músculos da faringe, e atuam na produção da voz.

Produção da Voz

A túnica mucosa da laringe forma dois pares de pregas: um par superior denominado ***pregas vestibulares***, e um par inferior denominado ***pregas vocais*** (veja a Figura 18.2). As pregas vestibulares ("falsas") atuam para manter a respiração sob pressão na cavidade torácica, como pode ocorrer quando uma pessoa faz força para erguer um objeto pesado. Elas não produzem som.

São as pregas vocais ("verdadeiras") que produzem o som. Elas contêm ligamentos elásticos estendidos, entre peças de cartilagem rígida, como as cordas de um violão. Os músculos estão inseridos na cartilagem e nas próprias pregas vocais. Quando os músculos se contraem, puxam os ligamentos elásticos, o que move as pregas vocais em direção à via aérea. O ar empurrado contra as pregas vocais faz com que elas vibrem, e produz ondas sonoras no ar da faringe, do nariz e boca. Quanto maior a pressão do ar, mais alto o som.

O tom é controlado pela tensão das pregas vocais. Se elas são esticadas, vibram mais rapidamente, resultando em um tom mais alto. Os tons mais baixos são obtidos diminuindo a tensão muscular. Devido à influência dos hormônios sexuais masculinos, as pregas vocais usualmente são mais espessas e mais longas em homens que em mulheres. Assim, elas vibram mais lentamente, dando aos homens um tom geralmente mais baixo que nas mulheres.

A ***laringite*** é uma inflamação da laringe, mais freqüentemente causada por uma infecção respiratória ou por agentes irritantes, e grito ou tosse excessivas, e resulta em rouquidão ou perda da voz. A inflamação interfere com a contração das pregas ou produz tumefação, até um ponto em que elas não podem vibrar livremente. Os fumantes crônicos freqüentemente adquirem uma rouquidão permanente devido à lesão pela inflamação crônica.

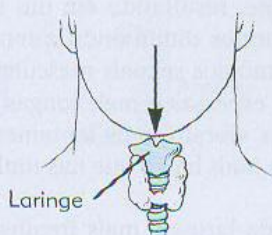
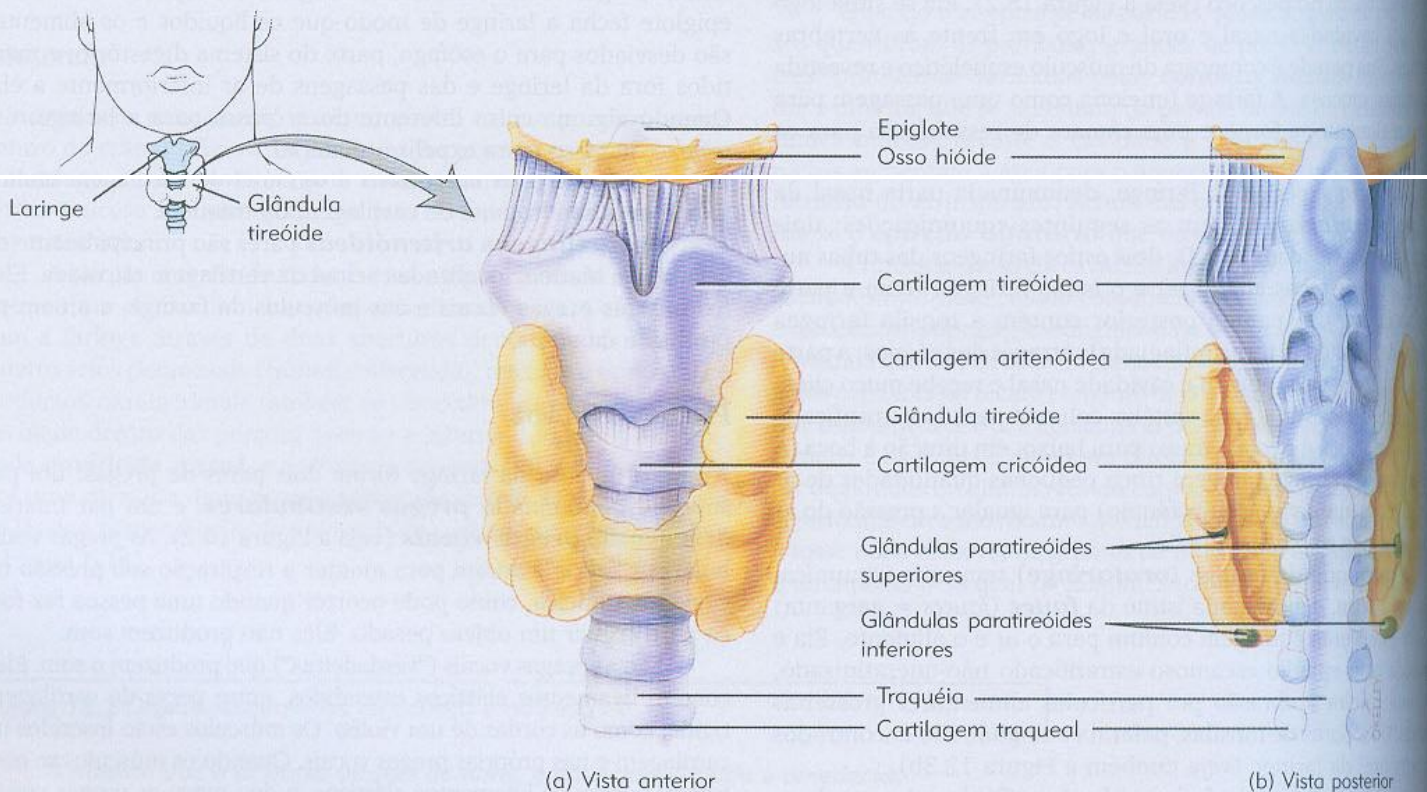
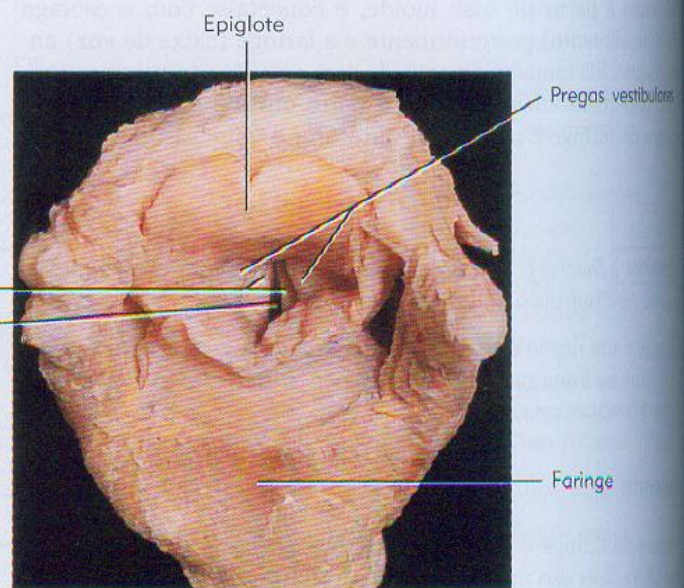
Traquéia

Objetivo: *Descrever a estrutura e as funções da traquéia e dos brônquios.*

A ***traquéia*** é um órgão condutor de ar localizado anteriormente ao esôfago. Ela se estende da laringe à parte superior da quinta vértebra torácica, onde se divide em brônquios principais direito e esquerdo (veja a Figura 18.1).

A parede da traquéia é revestida internamente com túnica mucosa e é sustentada por cartilagem. A túnica mucosa apresenta

Figura 18.3 Laringe. A seta no destaque em (c) indica a direção da qual as pregas vocais são vistas (superior).

A laringe é composta de nove peças de cartilagem.

P ***Como a epiglote impede os alimentos e líquidos de penetrarem na laringe?***

epitélio colunar pseudoestratificado ciliado, consistindo de células colunares ciliadas, células produtoras de muco e células basais (Figura 18.4), e fornece a mesma proteção contra o pó, da túnica que reveste a cavidade do nariz e a laringe. Enquanto os cílios na via respiratória superior movem o muco e as partículas aprisionadas *para baixo*, em direção à faringe, os cílios na via respiratória inferior movem o muco e as partículas aprisionadas *para cima*, em direção à faringe. A camada de cartilagem traqueal consiste em cerca de 16 a 20 anéis incompletos de cartilagem hialina, que se assemelham a letras "C" empilhadas uma sobre a outra. A par

aberta de cada anel de cartilagem em forma de C está voltada para o esôfago, e permite que ele se expanda levemente em direção à traquéia durante a deglutição. A parte sólida dos anéis de cartilagem em forma de C fornece uma sustentação rígida de modo que a parede traqueal não colapse para dentro e obstrua a via de ar. Os anéis de cartilagem podem ser palpados sob a pele, abaixo da laringe.

As vias respiratórias podem ser obstruídas de vários modos. Os anéis de cartilagem podem ser acidentalmente esmagados; a túnica mucosa pode-se tornar tão inflamada e tumefata que fecha a via aérea; a túnica inflamada secreta grande quantidade de muco que pode tamponar a via aérea inferior, ou um objeto grande pode ser aspirado. As vias aéreas devem ser desobstruídas rapidamente. Se a obstrução for acima do nível do tórax, uma ***traqueostomia*** pode ser realizada, sendo feita uma incisão na traquéia abaixo da cartilagem cricóide e introduzido um tubo na traquéia para criar via aérea de emergência. Outro método é a ***intubação***. Um tubo é introduzido na boca ou nariz e passado através da laringe e da traquéia. O tubo faz recuar qualquer obstrução flexível e fornece uma via para o ar. Se o muco estiver obstruindo a traquéia, pode ser sugado através do tubo.

Brônquios

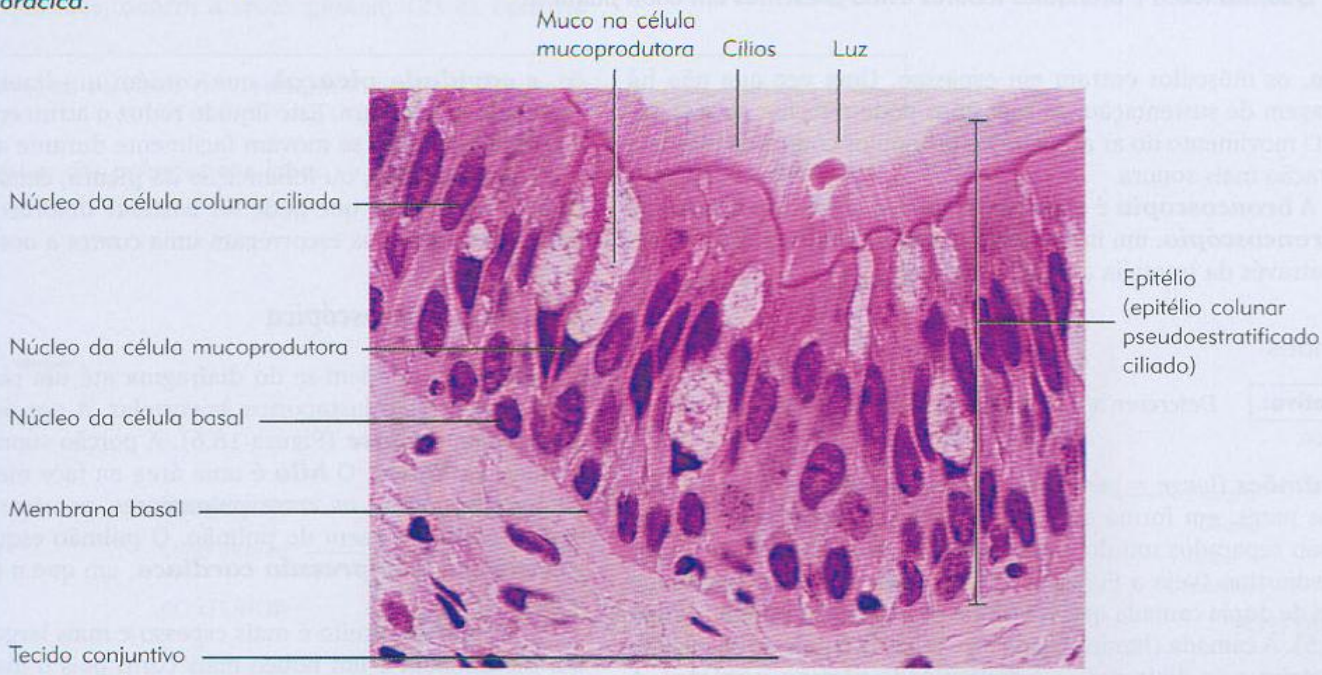
A traquéia divide-se em um **brônquio principal direito** (*bronchos* = tubo de vento), que vai para o pulmão direito, e um **brônquio principal esquerdo**, que vai para o pulmão esquerdo (Figura 18.5). O brônquio principal direito é mais vertical, mais curto e mais largo que o esquerdo. Como resultado, os objetos estranhos nas vias aéreas têm mais probabilidade de penetrar e se alojar no brônquio principal direito que no esquerdo. Como a traquéia, os brônquios principais contêm anéis incompletos de cartilagem e são revestidos por epitélio colunar pseudoestratificado ciliado.

Ao penetrar nos pulmões, os brônquios principais dividem-se para formar brônquios menores – os ***brônquios lobares***, um para cada lobo do pulmão (o pulmão direito tem três lobos; o pulmão esquerdo tem dois). Os brônquios lobares continuam a se ramificar, formando brônquios ainda menores denominados ***brônquios segmentares***, que se dividem em ***bronquíolos***. Os bronquíolos, por sua vez, ramificam-se em tubos gradativamente menores até bronquíolos terminais denominados respiratórios. Esta ramificação contínua da traquéia assemelha-se a um tronco de árvore com seus ramos e comumente é referida como ***árvore bronquial***.

À medida que a ramificação torna-se mais extensa na árvore bronquial, ocorrem várias alterações estruturais. Primeiro, os anéis de cartilagem são substituídos por tiras de cartilagem que finalmente desaparecem nos bronquíolos respiratórios. Segundo, à medida que a cartilagem diminui, a quantidade de músculo liso aumenta. O músculo liso circunda a luz em feixes espirais e sua contração é comandada pelo sistema nervoso autônomo e afetada por várias substâncias químicas. Terceiro, a túnica mucosa muda de epitélio colunar pseudoestratificado ciliado para epitélio cuboidal simples (não-ciliado) (e finalmente para epitélio escamoso simples) nos bronquíolos terminais, até os bronquíolos respiratórios.

A divisão parassimpática do sistema nervoso autônomo e os mediadores de reações alérgicas, como a histamina, causam a constrição do bronquíolo, enquanto a divisão simpática e a adrenalina (epinefrina) causam a dilatação do bronquíolo. O fato de que as paredes dos bronquíolos terminais contêm músculo liso e não cartilagem é clinicamente significativo. Durante uma ***crise de***

Figura 18.4 Histologia da traquéia.

A traquéia é anterior ao esôfago e estende-se da laringe à margem superior da quinta vértebra torácica.

Fotomicrografia do epitélio traqueal (850x)

Qual é o benefício de não haver cartilagem entre a traquéia e o esôfago?

Figura 18.5 Vias aéreas até os pulmões. Note a árvore bronquial.

 A árvore bronquial começa na traquéia e termina nos bronquíolos respiratórios terminais.

RAMIFICAÇÃO DA ÁRVORE BRONQUIAL

Traquéia
↓
Brônquio principal (primário)
↓
Brônquio lobar (secundário)
↓
Brônquio segmentar (terciário)
↓
Bronquíolos
↓
Bronquíolos respiratórios terminais

Laringe
Traquéia
Pleura visceral
Pleura parietal
Cavidade pleural
Carina
Brônquio principal direito
Brônquio lobar direito
Brônquio segmentar direito
Bronquíolo direito
Bronquíolo terminal direito
Brônquio princip esquerdo
Brônquio lobar esquerdo
Brônquio segmen esquerdo
Bronquíolo esque
Bronquíolo termi esquerdo
Diafragma
Vista anterior

P *Quantos lobos e brônquios lobares estão presentes em cada pulmão?*

asma, os músculos entram em espasmo. Uma vez que não há cartilagem de sustentação, os espasmos podem fechar as vias aéreas. O movimento do ar através dos brônquios contraídos torna a respiração mais sonora.

A ***broncoscopia*** é o exame visual dos brônquios através de um ***broncoscópio***, um instrumento tubular iluminado que é passado através da traquéia até os brônquios.

Pulmões

Objetivo: *Descrever a estrutura dos pulmões e seu papel na respiração.*

Os ***pulmões*** (*lunge* = peso leve, porque os pulmões flutuam) são órgãos pares, em forma de cone, situados na cavidade torácica. Eles são separados um do outro pelo coração e outras estruturas do mediastino (veja a Figura 15.1). A ***pleura*** é uma membrana serosa de dupla camada que envolve e protege cada pulmão (Figura 18.5). A camada (lâmina) externa é aderida à parede da cavidade torácica e ao diafragma e é denominada ***pleura parietal***. A camada (lâmina) interna, a ***pleura visceral***, reveste os próprios pulmões. Entre as pleuras visceral e parietal há um pequeno espaço, a ***cavidade pleural,*** que contém um líquido lubrific secretado pela pleura. Este líquido reduz o atrito entre as cama e permite que elas se movam facilmente durante a respiraçã

A ***pleurisia***, ou inflamação da pleura, causa um atrito d rante a respiração, que pode ser bastante doloroso quando as madas intumescidas escorregam uma contra a outra.

Anatomia Macroscópica

Os pulmões estendem-se do diafragma até um pouco acima clavículas e estão justapostos às costelas. A porção inferior la do pulmão é a ***base*** (Figura 18.6). A porção superior estreita pulmão é o ***ápice.*** O ***hilo*** é uma área na face medial através qual os brônquios, os vasos pulmonares, os vasos linfáticos e nervos entram e saem do pulmão. O pulmão esquerdo tem u concavidade, a ***impressão cardíaca***, em que o coração está tuado.

O pulmão direito é mais espesso e mais largo que o esqu do. Ele também é um pouco mais curto pois o diafragma é m alto no lado direito para acomodar o grande fígado situado aba dele.

Lobos e Fissuras

Cada pulmão é dividido em lobos por uma ou mais fendas profundas denominadas fissuras. O pulmão esquerdo tem uma fissura (oblíqua) e dois lobos; o pulmão direito tem duas fissuras (oblíqua e horizontal) e três lobos (Figura 18.6). Cada lobo recebe seu próprio brônquio (lobar). Assim, o brônquio principal direito ramifica-se em três ***brônquios lobares*** denominados ***superior, médio*** e ***inferior***. O brônquio principal esquerdo ramifica-se em um brônquio ***lobar superior*** e um ***inferior***.

Lóbulos

Cada lobo dos pulmões é dividido em regiões denominadas ***segmentos broncopulmonares***, cada um suprido por seu próprio brônquio (segmentar). Os segmentos, por sua vez, são divididos em muitos compartimentos pequenos denominados ***lóbulos*** (Figura 18.7). Cada lóbulo contém um vaso linfático, uma arteríola, uma vênula e um ramo de um bronquíolo terminal envolvido em tecido conjuntivo elástico. Os bronquíolos terminais subdividem-se em ramos microscópicos denominados ***bronquíolos respiratórios***. Os bronquíolos respiratórios, por sua vez, subdividem-se em vários (2 a 11) ***dúctulos alveolares***. Da traquéia aos dúctulos alveolares, existem cerca de 25 níveis de ramificação das vias respiratórias. Isto é, a traquéia divide-se em brônquios principais (primeiro nível), os brônquios principais em brônquios lobares (segundo nível), e assim por diante.

Em torno da circunferência dos dúctulos alveolares, há numerosos alvéolos e sáculos alveolares. Um ***alvéolo*** é uma projeção em forma de cálice revestida por epitélio. Os ***sáculos alveolares*** são dois ou mais alvéolos que compartilham uma abertura comum (Figura 18.7). A parede de um alvéolo consiste de dois tipos de células epiteliais (Figura 18.8): (1) as ***células epiteliais escamosas pulmonares*** consistem de epitélio escamoso simples e são as células predominantes que formam o revestimento contínuo da parede alveolar, sob o qual está a membrana basal. Através destas paredes, ocorre a troca gasosa; (2) as ***células septais*** são células epiteliais arredondadas ou cubóides, que produzem uma substância fosfolipídica denominada ***surfactante***, que será descrita a seguir. Também associados à parede de um alvéolo do pulmão estão os ***macrófagos alveolares***, células fagocíticas que removem as partículas de pó e resíduos dos espaços alveolares. Em torno de um alvéolo, estão a arteríola e a vênula pulmonares que formam a rede capilar. Os capilares consistem de uma camada única de células endoteliais e uma membrana basal.

Membrana Alveolocapilar (Respiratória)

A troca de gases respiratórios entre os pulmões e o sangue ocorre por difusão através das paredes alveolar e capilar. Os gases respiratórios se movem através do que é denominada ***membrana alveolocapilar (respiratória)*** (Figura 18.8b). Ela consiste da parede do alvéolo, uma membrana basal sob a parede alveolar, uma membrana basal capilar que freqüentemente está fundida com a membrana basal alveolar, e as células endoteliais do capilar. Apesar de ter várias camadas, a membrana alveolocapilar possui em média somente 0,5 μm* de espessura, o que permite uma difusão eficiente. Além disso, estima-se que os pulmões contêm 300 milhões de alvéolos, fornecendo uma superfície imensa (70 m^2, aproximadamente, a área de uma quadra de handebol) para a troca gasosa.

Suprimento Sangüíneo

Existe um suprimento sangüíneo duplo aos pulmões. O sangue venoso (desoxigenado) do coração passa pelo tronco pulmonar, que se divide em uma artéria pulmonar esquerda, que entra no pulmão esquerdo e uma artéria pulmonar direita, que entra no pulmão direito. O retorno do sangue arterial (oxigenado) ocorre através das veias pulmonares, que drenam ao átrio esquerdo (veja a Figura 16.9).

*1 μm (micrômetro) = 1/25.000 de uma polegada ou 1/1.000.000 de um metro.

Figura 18.6 Pulmões. As setas no destaque indicam a direção pela qual os pulmões são vistos (lateral).

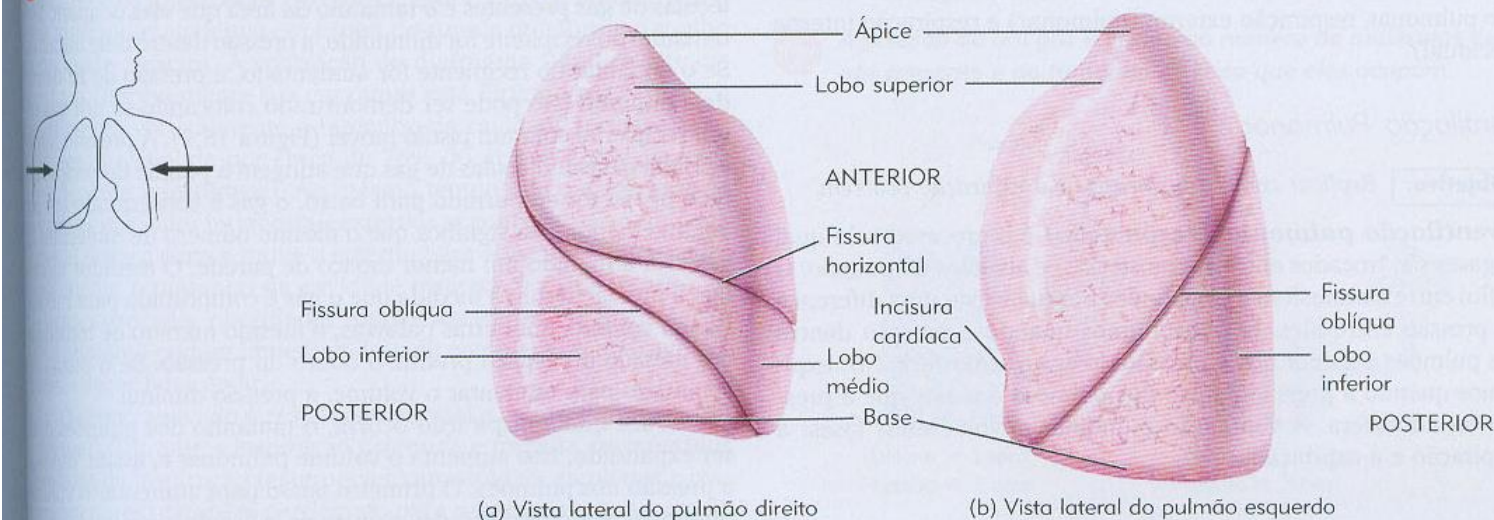
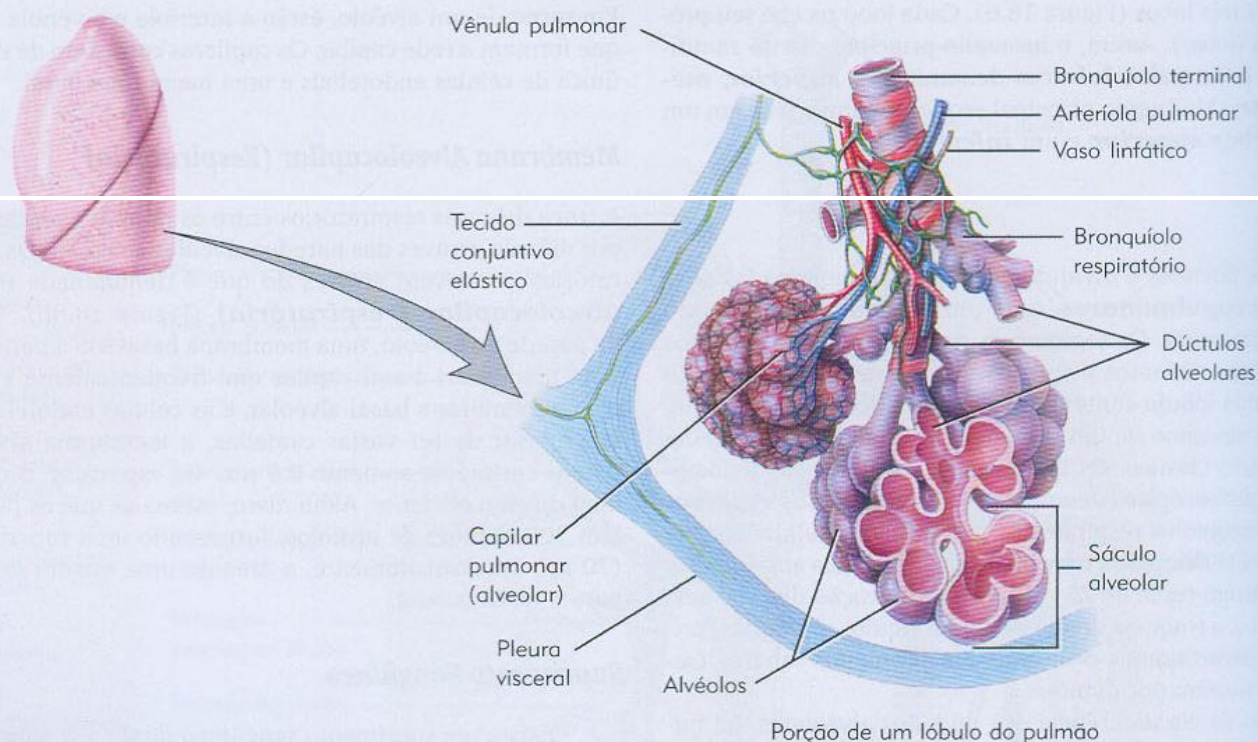
As subdivisões dos pulmões são lobos → segmentos broncopulmonares → lóbulos.

Por que os pulmões direito e esquerdo são levemente diferentes em tamanho e forma?

Figura 18.7 Lóbulo do pulmão.

Os sáculos alveolares são dois ou mais alvéolos que compartilham uma abertura comum.

Quais são as partes principais de um lóbulo de um pulmão?

O sangue arterial (oxigenado) para o próprio tecido pulmonar é levado pelas artérias (ramos) bronquiais, ramos da aorta. O sangue venoso é drenado dos tecidos pulmonares pelas veias bronquiais.

Respiração

O principal objetivo da respiração é suprir as células do corpo com oxigênio e remover o dióxido de carbono produzido pelas atividades celulares. Os três processos básicos da respiração são ventilação pulmonar, respiração externa (pulmonar) e respiração interna (tecidual).

Ventilação Pulmonar

Objetivo: *Explicar como a inspiração e a expiração ocorrem.*

A ***ventilação pulmonar (respiração)*** é o processo pelo qual os gases são trocados entre a atmosfera e os alvéolos do pulmão. O ar flui entre a atmosfera e os pulmões porque existe uma diferença de pressão entre eles. Nós inspiramos quando a pressão dentro dos pulmões é menor que a pressão do ar na atmosfera. Nós expiramos quando a pressão dentro dos pulmões é maior que a pressão na atmosfera. A ventilação pulmonar envolve duas fases: a inspiração e a expiração.

Inspiração

A aspiração do ar é denominada ***inspiração (inalação)***. Log antes de cada inspiração, a pressão do ar dentro dos pulmões igual à pressão da atmosfera, que é cerca de 760 mm Hg (milímetros de mercúrio), ou 1 atmosfera (atm), ao nível do mar. Para o ar fluir aos pulmões, a pressão dentro dos pulmões deve tornar-se inferior à pressão na atmosfera. Isto é obtido aumentando-se o volume (tamanho) dos pulmões.

A pressão de um volume de gás é criada pelo número de moléculas de gás presentes e o tamanho da área que elas ocupam. Se o tamanho do recipiente for diminuído, a pressão dentro dele aumenta. Se o tamanho do recipiente for aumentado, a pressão de ar dentro dele diminui. Isto pode ser demonstrado colocando-se um gás em um recipiente com um pistão móvel (Figura 18.9). A pressão inicial é criada pelas moléculas de gás que atingem a parede do recipiente. Se o pistão for empurrado para baixo, o gás é concentrado em um volume menor. Isto significa que o mesmo número de moléculas de gás está atingindo um menor espaço de parede. O medidor mostra que a pressão dobra à medida que o gás é comprimido para metade de seu volume. Em outras palavras, o mesmo número de moléculas em metade do espaço produz o dobro da pressão. Se o pistão for levantado para aumentar o volume, a pressão diminui.

Para que a inspiração ocorra, o tamanho dos pulmões deve ser expandido. Isto aumenta o volume pulmonar e, assim, diminui a pressão nos pulmões. O primeiro passo para aumentar o volume pulmonar é a contração dos principais músculos inspiratórios - o

Figura 18.8 Estrutura de um alvéolo do pulmão.

A troca de gases respiratórios ocorre por difusão através da membrana alveolocapilar (respiratória).

Monócito
Fibra reticular
Fibra elástica
Célula septal
Membrana alveolocapilar (respiratória)
Alvéolo
Célula epitelial escamosa pulmonar
Macrófago alveolar
Hemácia

Difusão de O_2
Difusão de O_2
Alvéolo
Hemácia
Endotélio capilar
Membrana basal capilar
Membrana basal epitelial
Célula epitelial escamosa pulmonar
Camada surfactante (líquido alveolar e surfactante)
Espaço intersticial

(a) Corte transversal de um alvéolo

(b) Detalhes da membrana alveolocapilar (respiratória)

Qual é a função das células septais?

diafragma e os intercostais externos (Figura 18.10a). O diafragma é um músculo esquelético em forma de cúpula que forma o soalho da cavidade torácica. A contração do diafragma significa que ele se achata (normalmente sua curvatura está dirigida para cima), o que aumenta verticalmente o tamanho da cavidade torácica. Este movimento responde por cerca de 75% do ar que entra nos pulmões durante a inspiração. Ao mesmo tempo que o diafragma se contrai, os músculos intercostais externos se contraem. Isto traciona as costelas para cima e move o esterno para a frente, aumentando sagitalmente o tamanho da cavidade torácica (Figura 18.10b). A gestação avançada, obesidade, roupas apertadas ou ingestão de muito alimento podem impedir a descida completa do diafragma e podem causar falta de ar.

O termo aplicado à respiração normal e calma é eupnéia (eu = normal). Durante a inspiração profunda e forçada, os músculos acessórios da inspiração (esternocleidomastóideo, escalenos e peitorais menores) também participam para aumentar o tamanho da cavidade torácica (Figura 18.10a). A inspiração é um processo ativo, pois requer a contração de um ou mais músculos. Após uma

Figura 18.9 O volume de gás varia inversamente com a pressão.

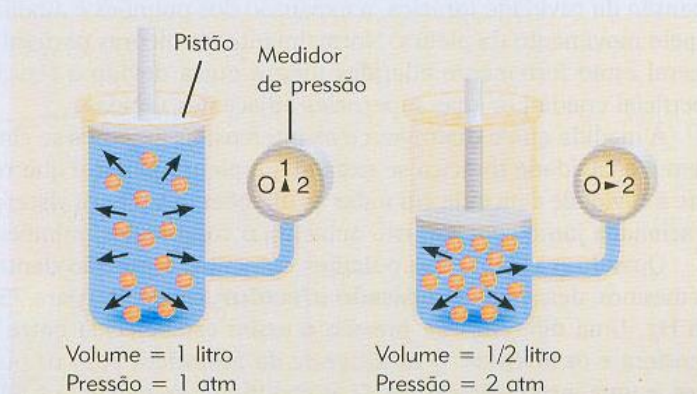
A pressão de um gás é devida ao número de moléculas de gás presente e ao tamanho da área que elas ocupam.

Se o volume for diminuído para ¼ de litro, como a pressão se altera?

Figura 18.10 Ventilação pulmonar: músculos da inspiração e da expiração.

Durante a inspiração profunda e forçada, os músculos acessórios da inspiração (esternocleidomastóideos, escalenos e peitorais menores) participam.

MÚSCULOS DA INSPIRAÇÃO (ativos)

MÚSCULOS DA EXPIRAÇÃO (passivos)

Acessórios (inspiração forçada): Esternocleidomastóideos, Escalenos

Principais (inspiração calma): Intercostais externos, Diafragma

Intercostais internos

Oblíquo externo do abdome

Oblíquo interno do abdome

Transverso do abdome

Reto do abdome

Esterno: Expiração, Inspiração

Diafragma: Expiração, Inspiração

(a) Músculos inspiratórios e suas ações (à esquerda); músculos expiratórios e suas ações (à direita)

(b) Alterações no tamanho da cavidade torácica durante inspiração e expiração

(c) Durante a inspiração, as costelas movem-se para cima e para fora como a alça de um balde

Precisamente nesse momento, que músculo é principalmente responsável por sua respiração?

expansão da cavidade torácica, a expansão dos pulmões é auxiliada pelo movimento da pleura. Normalmente, as pleuras parietal e visceral estão fortemente aderidas uma à outra devido à tensão superficial criada por suas superfícies adjacentes úmidas.

À medida que o diafragma e os intercostais externos se contraem e a cavidade torácica se expande, a pleura parietal que reveste a cavidade é puxada em todas as direções, e a pleura visceral é tracionada junto com ela. Isto aumenta o volume dos pulmões.

Quando o volume dos pulmões aumenta, a pressão dentro dos mesmos, denominada ***pressão alveolar***, cai de 760 para 758 mm Hg. Uma diferença de pressão é assim estabelecida entre a atmosfera e os alvéolos. O ar dirige-se da atmosfera para os pulmões, e uma inspiração ocorre. O ar continua a se mover aos pulmões até a pressão alveolar igualar-se à pressão atmosférica.

Um resumo da inspiração é apresentado na Figura 18.11.

Expiração

A respiração para fora, denominada ***expiração (exalação)***, também é obtida por uma diferença de pressão mas, neste caso, a diferença é inversa, de modo que a pressão nos pulmões é maior que a pressão da atmosfera. A expiração normal, ao contrário da inspiração, é um processo passivo pois não há contrações musculares envolvidas. Ela depende parcialmente da elasticidade dos pulmões. A expiração começa quando os músculos inspiratórios relaxam. À medida que os músculos intercostais externos relaxam, as costelas se movem para baixo e, à medida que o diafragma rela-

ra, se curva para cima (Figura 18.10a). Estes movimentos diminuem o tamanho da cavidade torácica.

À medida que o tamanho da cavidade torácica diminui durante a expiração, as fibras elásticas nos pulmões, que foram distendidas pela inspiração, agora se encolhem e o volume pulmonar diminui. A pressão alveolar aumenta para 763 mm Hg, e o ar sai da área de pressão maior nos alvéolos para a área de pressão menor na atmosfera.

A expiração torna-se ativa durante níveis maiores de ventilação e quando o movimento de ar para fora dos pulmões é inibido. Nestes momentos, os músculos da expiração – abdominais e intercostais internos – contraem-se para mover as costelas inferiores para baixo e comprimir as vísceras abdominais, forçando assim o diafragma para cima (Figura 18.10a).

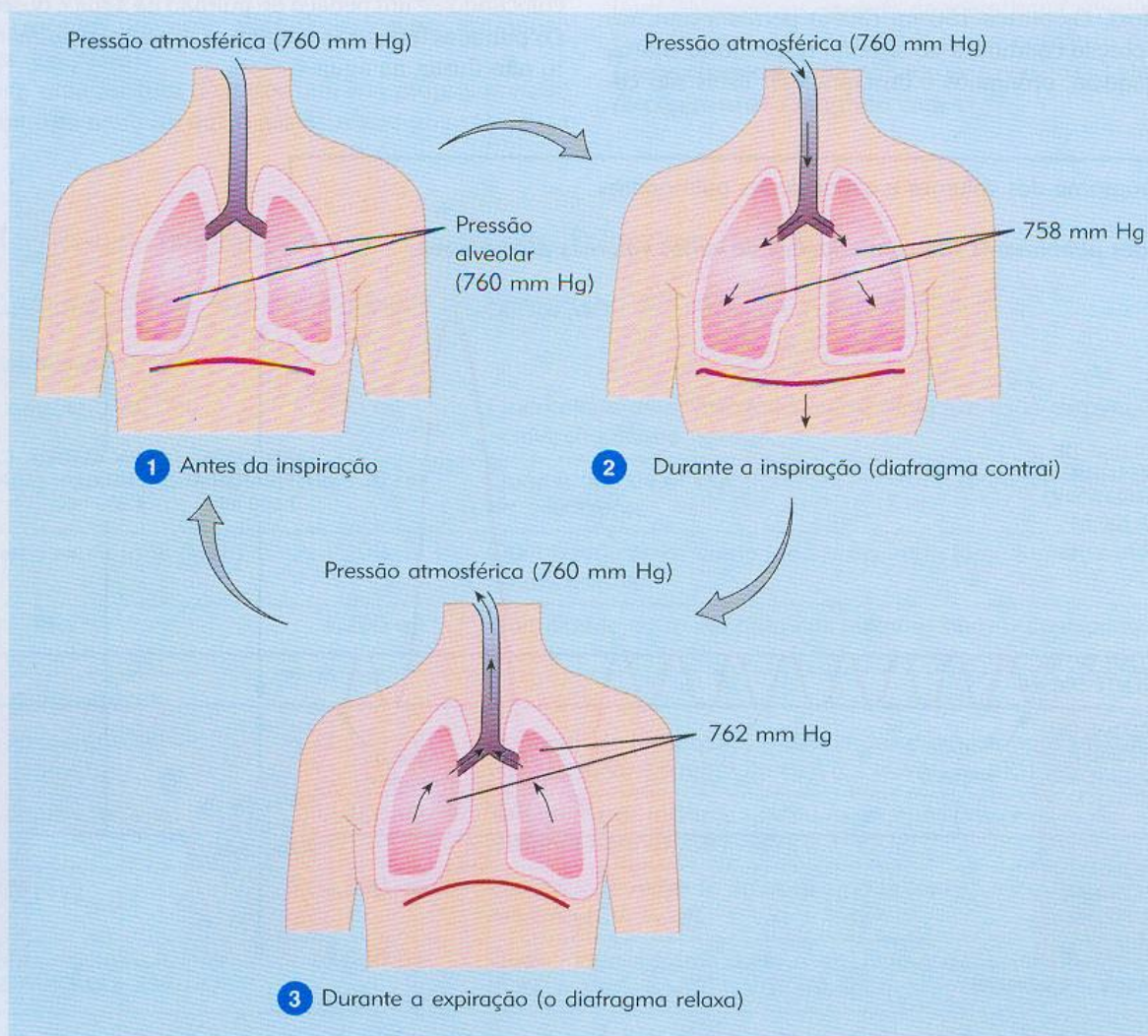
Um resumo da expiração é apresentado na Figura 18.11.

Pulmão Colapsado

A pressão intrapleural, a pressão entre as pleuras visceral e parietal, normalmente é subatmosférica, isto é, abaixo da pressão atmosférica (760 mm Hg). A manutenção de uma pressão intrapleural baixa é vital para o funcionamento dos pulmões, pois mantém os alvéolos levemente insuflados. Os alvéolos são tão elásticos que, no final de uma expiração, tentam encolher-se para dentro e colapsar como as paredes de um balão vazio. O colapso do pulmão é prevenido pela pressão levemente menor nas cavidades pleurais. O colapso pulmonar pode ser causado pela entrada do ar na cavidade pleural por uma incisão cirúrgica ou ferimento no tórax, uma obstrução das vias aéreas ou pela falta de surfactante.

Surfactante é um fosfolipídio produzido pelas células septais das paredes dos alvéolos que recobre os alvéolos e impede suas paredes de grudar umas nas outras após uma expiração. Isto

Figura 18.11 Ventilação pulmonar: alterações de pressão. No início da inspiração, o diafragma se contrai, o tórax se expande, os pulmões são puxados para fora e a pressão alveolar diminui. À medida que o diafragma relaxa, os pulmões se encolhem para dentro. A pressão alveolar sobe, forçando o ar para fora até que a pressão alveolar se iguale à pressão atmosférica.

O ar move-se para dentro dos pulmões quando a pressão alveolar é menor que a pressão atmosférica, e para fora dos pulmões quando a pressão alveolar é maior que a pressão atmosférica.

Qual é a pressão alveolar durante a inspiração e a expiração?

permite que os alvéolos sejam reinsuflados durante a inspiração seguinte e previne o colapso alveolar. A presença de surfactante e fibras elásticas nos pulmões dá a eles uma característica referida como ***complacência***, a capacidade de se expandir ou inflar.

Volumes de Ar e Capacidades Pulmonares

Na prática clínica, a palavra ***respiração (ventilação)*** significa uma inspiração mais uma expiração. O adulto saudável realiza em média cerca de 12 respirações por minuto, em repouso. Durante cada respiração, os pulmões trocam quantidades variáveis de ar com a atmosfera. Uma quantidade de troca menor que o normal geralmente é um sinal de disfunção pulmonar.

Volumes Pulmonares

O registro dos volumes e capacidades pulmonares é denominado ***espirograma*** (Figura 18.12). A seguir, há exemplos dos volumes pulmonares médios de um adulto do sexo masculino. Durante o processo da respiração tranqüila normal, cerca de 500 ml de ar movem-se para dentro das vias respiratórias a cada inspiração. A mesma quantidade move-se para fora em cada expiração. Este volume de ar inspirado (ou expirado) é denominado ***volume de ar corrente (VAC)***. Somente cerca de 350 ml (70%) do volume de ar corrente realmente atingem a porção respiratória do sistema respiratório (bronquíolos respiratórios, dúctulos alveolares, sáculos alveolares e alvéolos). Os outros 150 ml (30%) permanecem nos espaços aéreos da porção condutora do sistema respiratório (nariz, faringe, laringe, traquéia, brônquios e bronquíolos). Estes são conhecidos como ***espaço morto anatômico***. O ar total capa durante um minuto é denominado ***volume minuto da respi ção (VMR)***. Ele é calculado multiplicando-se o volume de ar rente pelo ritmo respiratório normal por minuto. Um volume m seria 500 ml vezes 12 respirações por minuto, ou 6.000 ml/mi

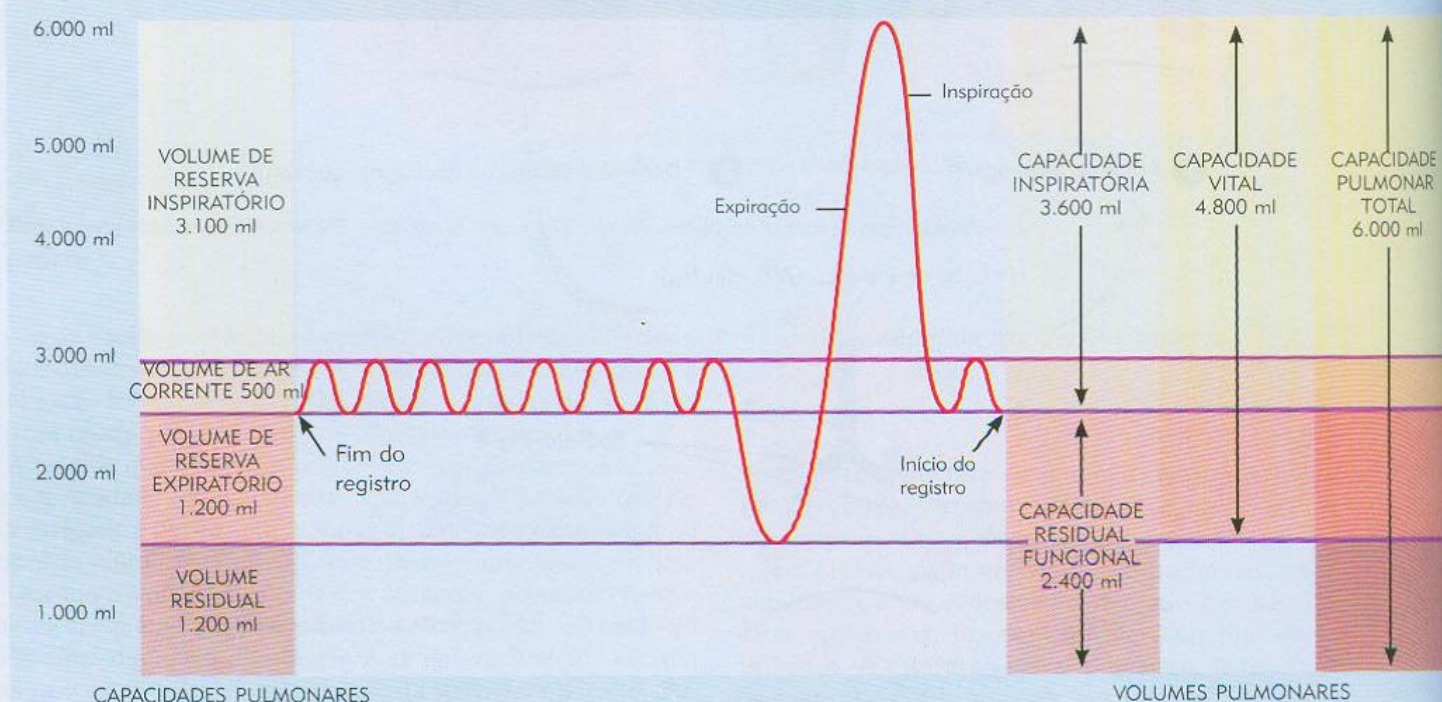
Fazendo uma inspiração muito profunda, podemos insp muito mais do que 500 ml. Este excesso de ar inspirado, den nado ***volume de reserva inspiratório (VRI),*** em média é 3.1 ml acima dos 500 ml de volume de ar corrente. Portanto o sist respiratório pode inspirar 3600 ml de ar.

Se inspiramos normalmente e então expiramos o m forçadamente possível, devemos ser capazes de expelir 1.200 de ar além dos 500 ml do volume de ar corrente. Esses 1.200 extra são denominados ***volume de reserva expiratório*** (VR

Mesmo após o volume de reserva expiratório ser expel uma boa quantidade de ar permanece nos pulmões pois a pres intrapleural mais baixa mantém os alvéolos levemente insufla e alguma quantidade de ar também permanece nas vias aé não-colapsáveis. Este ar, o ***volume residual (VR),*** constitui ca de 1.200 ml.

A abertura da cavidade torácica permite que a pressão in pleural se iguale à pressão atmosférica, forçando a saída de p do volume residual. O ar que ainda resta é denominado ***volu mínimo***. O volume mínimo constitui um instrumento médi legal para determinar se um bebê nasceu morto ou morreu apó nascimento. A presença do volume mínimo pode ser demonstr colocando-se um pedaço de pulmão na água e observando-o flu Os pulmões fetais não contêm ar e, assim, o pulmão de um natim to não flutua na água.

Figura 18.12 Espirograma dos volumes e capacidades pulmonares.

As capacidades pulmonares são combinações de vários volumes pulmonares.

Inspire o mais profundamente possível e então expire o máximo de ar que você puder. Que capacidade pulmonar você demonstrou?

pacidades Pulmonares

capacidade pulmonar pode ser calculada combinando-se vários lumes pulmonares (Figura 18.12). A seguir, há exemplos das pacidades pulmonares médias do adulto do sexo masculino. A **pacidade inspiratória (CI)** é a capacidade inspiratória to-l dos pulmões após uma expiração do volume de ar corrente rmal. Ela é a soma do volume de ar corrente mais o volume de serva inspiratório (3.600 ml). A **capacidade residual funcio-al (CRF)** é o volume de ar restante nos pulmões após a expiração o volume de ar corrente normal. Ela é a soma do volume residual ais o volume de reserva expiratório (2.400 ml). A **capacidade ital (CV)** é a quantidade máxima de ar que pode ser expirada pós a inspiração máxima. Ela é a soma do volume de ar corrente, lume de reserva e volume de reserva expiratório (4.800 ml). inalmente, a **capacidade pulmonar total (CPT)** é a quanti-ade máxima de ar nos pulmões após a inspiração máxima, e é gual à soma de todos os volumes (6.000 ml).

Um resumo dos volumes e capacidades pulmonares é forne-ido no Quadro 18.1.

roca dos Gases Respiratórios

Objetivo: *Explicar como o oxigênio e o dióxido de carbono são tro-dos entre os pulmões e o sangue entre o sangue e as células do corpo.*

ara compreender como os gases respiratórios (oxigênio e dióxido e carbono) são trocados no corpo, você precisa saber um pouco bre as pressões dos gases.

Cada gás em uma mistura de gases tem sua própria pressão comporta-se como se nenhum outro gás estivesse presente. Essa **pressão parcial** é designada como *p*. A pressão total da mistura é calculada somando-se todas as pressões parciais.

O ar atmosférico é uma mistura de vários gases – oxigênio, dióxido de carbono, nitrogênio, vapor de água e uma série de outros gases que aparecem em quantidades tão pequenas que nós os ignoramos. A pressão atmosférica é a soma das pressões parciais de todos esses gases:

$$\text{Pressão atmosférica (760 mm Hg)} = pO_2 + pCO_2 + pN_2 + pH_2O$$

Podemos determinar a pressão parcial de cada gás na mistura multiplicando a porcentagem do gás na mistura pela pressão total da mistura. Por exemplo, uma vez que o oxigênio compreende 21% do ar atmosférico, este seria nosso cálculo:

$$pO_2 \text{ atmosférica} = 21\% \times 760 \text{ Hg} = 160 \text{ mm Hg}$$

As pressões parciais dos gases respiratórios na atmosfera, alvéolos pulmonares, sangue e células dos tecidos são mostradas no Quadro 18.2. As pressões parciais são importantes para determinar o movimento de oxigênio e dióxido de carbono no corpo.

Respiração Externa (Pulmonar)

A ***respiração externa (pulmonar)*** é o movimento de oxigênio e dióxido de carbono entre os alvéolos dos pulmões e os capilares pulmonares, através da membrana alveolocapilar (respiratória) (Figura 18.13a). Esta troca converte o ***sangue venoso (desoxigenado)*** (depletado de parte do O_2) em ***sangue arterial (oxigenado)*** (saturado com O_2).

Quadro 18.1 Resumo dos Volumes e das Capacidades Pulmonares

OLUME OU CAPACIDADE	VALOR	DEFINIÇÃO
Volumes pulmonares		
olume de ar corrente (VAC)*	500 ml	Quantidade de ar inspirada ou expirada em cada respiração, durante a respiração calma normal.
olume de reserva inspiratório (VRI)	3.100 ml	Quantidade de ar que pode ser inspirada forçadamente além do volume de ar corrente.
olume de reserva expiratório (VRE)	1.200 ml	Quantidade de ar que pode ser expirada forçadamente além do volume de ar corrente.
olume residual (VR)	1.200 ml	Quantidade de ar restante nos pulmões após uma expiração forçada.
Capacidades pulmonares		
Capacidade inspiratória (CI)	3.600 ml	Capacidade inspiratória máxima dos pulmões após uma expiração de volume de ar corrente normal (CI = VAC + VRI).
Capacidade residual funcional (CRF)	2.400 ml	Volume de ar restante nos pulmões após uma expiração do volume de ar corrente normal (CRF = VRE + VR).
Capacidade vital (CV)	4.800 ml	Quantidade máxima de ar que pode ser expirada após uma inspiração máxima (CV = VAC + VRI + VRE).
Capacidade pulmonar total (CPT)	6.000 ml	Quantidade máxima de ar nos pulmões após uma inspiração máxima (CPT = VAC + VRI + VRE + VR).

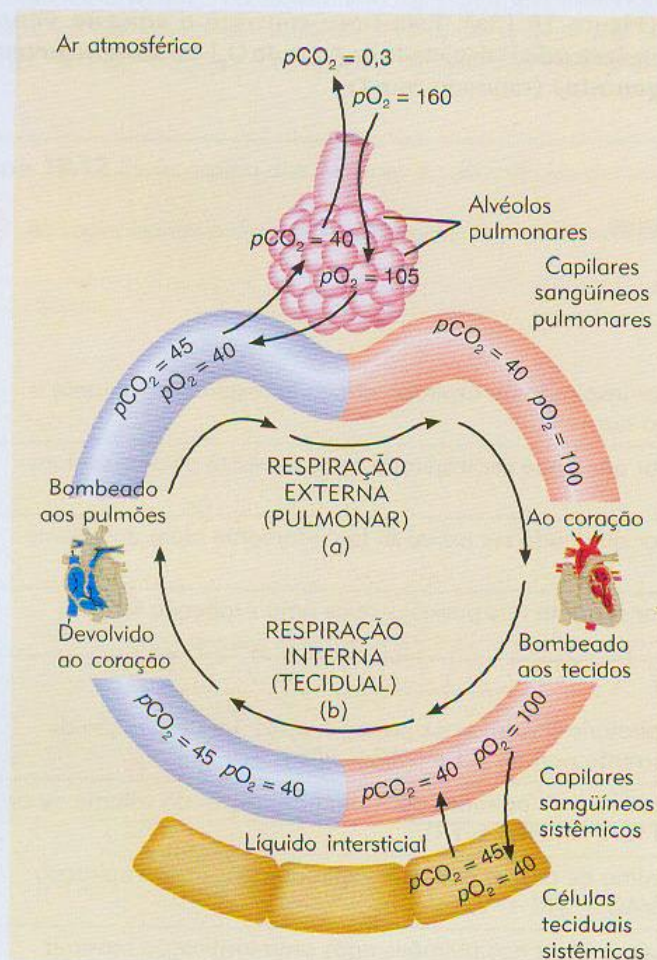
Somente 350 ml de volume de ar corrente atingem os alvéolos; 150 ml permanecem no **espaço morto anatômico**.

Quadro 18.2 Pressões Parciais (mm Hg) dos Gases Respiratórios no Ar Atmosférico, no Ar Alveolar, do Sangue e nas Células dos Tecidos

	AR ATMOSFÉRICO (NÍVEL DO MAR)	AR ALVEOLAR	SANGUE VENOSO	SANGUE ARTERIAL	CÉLULAS DOS TECIDOS
pO_2	160	105	40	105	40
pCO_2	0,3	40	45	40	45

Quando o sangue circula através dos capilares pulmonares, recebe O_2 dos alvéolos e perde CO_2 para os alvéolos. Embora isto seja referido como uma troca gasosa, de fato cada gás difunde-se da área onde sua pressão parcial é maior para a área onde sua pressão parcial é menor. Cada gás move-se independentemente do outro.

Figura 18.13 Alterações nas pressões parciais (em mm Hg) durante a respiração externa e interna.

Os gases difundem-se das áreas de pressão parcial maior para as áreas de pressão parcial menor.

P *O que faz o oxigênio (O_2) penetrar nos capilares pulmonares a partir dos alvéolos, e penetrar nas células dos tecidos provenientes dos capilares sistêmicos?*

Como a Figura 18.13a mostra, o O_2 difunde-se dos alvéo onde sua pressão parcial é 105 mm Hg, ao sangue capilar, on pO_2 é de somente 40 mm Hg. O processo continua até que os va res de pO_2 em ambas as áreas sejam iguais, e o sangue retorna coração com uma pO_2 de 105 mm Hg. Nesse meio tempo, a pCO_2 sangue capilar é 45 mm Hg quando ele chega aos alvéolos. O C difunde-se aos alvéolos, onde a pCO_2 é somente 40 mm Hg, até os valores de pCO_2 em ambas as áreas sejam iguais. (A expira mantém constantemente a pCO_2 alveolar em 40 mm Hg.) O sang que retorna ao coração também tem uma pCO_2 de 40 mm Hg.

A respiração externa está relacionada a várias caracterís cas estruturais dos pulmões. A membrana alveolocapilar (respi tória) é fina o suficiente para permitir a difusão. A área superfic dos alvéolos em que a difusão pode ocorrer é grande, muitas ve maior do que a área superficial total da pele. Situados junto a alvéolos estão incontáveis capilares – tantos que 900 ml de sang são capazes de participar da troca gasosa em qualquer tempo. Fi nalmente, os capilares são tão estreitos que as hemácias dev fluir através deles em fila única, dando a cada hemácia a expo ção máxima ao oxigênio disponível.

A eficiência da respiração externa depende de vários fat res. Um é a altitude. A pO_2 alveolar deve ser maior do que a pO_2 sangue, para o oxigênio se difundir dos alvéolos ao sangue. medida que aumenta a altitude, a pO_2 atmosférica diminui, a p alveolar diminui de modo correspondente e menos oxigênio d funde-se no sangue. Os sintomas comuns da ***doença das alti des elevadas*** – falta de ar, náuseas, tonturas – são devidos concentrações baixas de oxigênio no sangue.

Outro fator que afeta a respiração externa é a área total d superfície disponível para a troca O_2-CO_2. Qualquer distúrbio pu monar que diminua a área superficial funcional das membran alveolocapilares diminui a eficiência da respiração externa.

Um terceiro fator é o volume minuto da respiração. Cert drogas, como a morfina, diminuem o ritmo respiratório, diminuind assim a quantidade de O_2 e CO_2 que pode ser trocada entre o alvéolos e o sangue.

Um fator final é a quantidade de O_2 que atinge os alvéolos. Isto depende de manter as vias aéreas intactas e limpas e ter oxi gênio suficiente disponível para respirar.

Respiração Interna (Tecidual)

Quando a respiração externa estiver completa, o sangue oxigena do retorna ao coração para ser bombeado às células dos tecidos. O movimento do O_2 e CO_2 entre os capilares teciduais e as célula teciduais é denominado ***respiração interna (tecidual)*** (Figu ra 18.13b). Ela converte o sangue arterial (oxigenado) em sangue venoso (desoxigenado).

A pO_2 do sangue bombeado aos tecidos é maior (105 mm Hg) do que a pO_2 nas células (40 mm Hg) pois elas estão utilizan do constantemente o O_2 para produzir energia (Figura 18.13b). O oxigênio difunde-se para fora dos capilares às células dos tecidos, e a pO_2 do sangue cai a 40 mm Hg no momento em que o sangue atinge as vênulas.

Uma vez que as células estão constantemente produzindo CO_2, a pCO_2 das células teciduais (45 mm Hg) é maior que a do sangue capilar (40 mm Hg). O dióxido de carbono difunde-se continua mente nos capilares, de modo que a pCO_2 do sangue que retorna ao coração sobe para 45 mm Hg. O sangue venoso retorna agora ao coração para ser bombeado aos pulmões, para outro ciclo de respi ração externa.

Transporte dos Gases Respiratórios

Objetivo: *Descrever como o sangue transporta o oxigênio e o dióxido de carbono.*

O transporte dos gases respiratórios entre os pulmões e os tecidos do corpo é uma função do sangue. Quando o O_2 e o CO_2 penetram no sangue, ocorrem certas alterações físicas e químicas que auxiliam no transporte e troca de gases.

Oxigênio

O oxigênio não se dissolve bem na água e, assim, somente cerca de 1,5% do O_2 é transportado no plasma que é principalmente água. Cerca de 98,5% do O_2 é transportado em combinação química com a hemoglobina nas hemácias (Figura 18.14).

A porção heme da hemoglobina contém quatro átomos de ferro, cada um deles capaz de combinar-se com uma molécula de O_2 (veja a Figura 14.3). O oxigênio e a hemoglobina combinam-se

Figura 18.14 Transporte de oxigênio e dióxido de carbono no sangue.

A maioria do O_2 é transportada pela hemoglobina como oxi-hemoglobina, dentro das hemácias; a maioria do CO_2 é transportada no plasma sangüíneo como íons bicarbonato.

Que porcentagem do oxigênio é transportada no sangue pela hemoglobina?

em uma reação facilmente reversível, para formar a oxi-hemoglobina, como segue:

$$\underset{\text{Hemoglobina reduzida (não combinada)}}{Hb} + \underset{\text{Oxigênio}}{O_2} \rightleftharpoons \underset{\text{Oxi-hemoglobina (hemoglobina combinada)}}{HbO_2}$$

Hemoglobina e PO_2 O fator mais importante que determina quanto O_2 se combina com a hemoglobina é a pO_2. Quando a pO_2 do sangue for alta, a hemoglobina liga-se a grandes quantidades de O_2 e é *completamente saturada*; isto é, cada átomo de ferro disponível liga-se a uma molécula de O_2. Quando a pO_2 do sangue for baixa, o O_2 é liberado da hemoglobina. Portanto, nos capilares pulmonares, onde a pO_2 for mais baixa, a hemoglobina não retém o O_2 e o O_2 é liberado para difusão às células dos tecidos.

Hemoglobina e Outros Fatores A quantidade de O_2 liberada pela hemoglobina é determinada por vários outros fatores. Um fator é a relação entre a hemoglobina e o pH. Em um meio ácido, o O_2 separa-se mais facilmente da hemoglobina. Outro fator é a temperatura. Dentro de limites, à medida que a temperatura aumenta, a quantidade de O_2 liberada pela hemoglobina também aumenta.

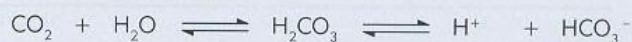
Envenenamento por Monóxido de Carbono (CO) O monóxido de carbono (CO) é um gás incolor e inodoro liberado pelos escapamentos dos automóveis e pela fumaça do cigarro. Uma de suas características interessantes é que ele se combina com a hemoglobina de modo muito semelhante ao O_2, exceto que a combinação do monóxido de carbono e hemoglobina é 200 vezes mais forte. Além disso, em concentrações pequenas da ordem de 0,1%, o monóxido de carbono combina-se com metade das moléculas de hemoglobina, reduzindo perigosamente a capacidade condutora de oxigênio do sangue. Os níveis aumentados de monóxido de carbono levam à hipoxia, e resultam no ***envenenamento por monóxido de carbono***. A condição pode ser tratada administrando-se O_2 puro, que acelera a separação do monóxido de carbono da hemoglobina.

Hipoxia A ***hipoxia*** (*hypo* = abaixo de ou sob) refere-se a uma deficiência de O_2 no nível tecidual. Ela pode ser causada por uma pO_2 baixa no sangue arterial, como nas altitudes elevadas; muito pouca hemoglobina funcionante no sangue, como na anemia; incapacidade do sangue em transportar o O_2 aos tecidos rápido o suficiente para atender às suas necessidades, como na insuficiência cardíaca; ou incapacidade dos tecidos em usar o O_2 apropriadamente, como no envenenamento por cianeto.

Dióxido de Carbono

O dióxido de carbono é transportado pelo sangue de várias formas (Figura 18.14). Cerca de 7% estão dissolvidos no plasma. Cerca de 23% combinam-se com a porção globina da hemoglobina para formar a ***carbamino-hemoglobina*** ($Hb.CO_2$). O CO_2 e a globina combinam-se nos capilares teciduais, onde a pCO_2 é relativamente alta. Nos capilares pulmonares, onde a pCO_2 é relativamente baixa, o CO_2 separa-se da globina e entra nos alvéolos por difusão.

Cerca de 70% do CO_2 são transportados no plasma como íons bicarbonato (HCO_3^-):

$$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$$

À medida que o CO_2 se difunde nos capilares teciduais e entra nas hemácias, combina-se com a água para formar ácido carbônico (H_2CO_3). O ácido carbônico decompõe-se em íons hidrogênio (H_+) e íons bicarbonato (HCO_3^-). O HCO_3^- difunde-se para fora das hemá-

cias em direção ao plasma. O efeito final é que o CO_2 é transportado das células dos tecidos como íons bicarbonato no plasma. O sangue venoso que retorna aos pulmões, então, contém CO_2 dissolvido no plasma, CO_2 combinado com globina e CO_2 incorporado em íons bicarbonato no plasma.

Nos capilares pulmonares, os eventos invertem-se. O CO_2 dissolvido no plasma difunde-se nos alvéolos. O CO_2 combinado com a globina separa-se e difunde-se nos alvéolos. Os íons bicarbonato (HCO_3^-) entram novamente nas hemácias e recombinam-se com o H^+ para formar H_2CO_3, que se degrada em CO_2 e H_2O. O CO_2 sai das hemácias e difunde-se aos alvéolos.

Controle da Respiração

Objetivo: *Explicar como o sistema nervoso controla a respiração, e listar os fatores que podem alterar a freqüência respiratória.*

Embora a respiração possa ser controlada voluntariamente em alguma extensão, o sistema nervoso geralmente controla a respiração automaticamente para atender as necessidades do corpo sem nossa preocupação consciente.

Controle Nervoso

O tamanho do tórax altera-se pela ação dos músculos respirató[rios]. Estes músculos contraem-se e relaxam-se em resposta a impu[lsos] nervosos transmitidos pelos centros no encéfalo. A área da qu[al] impulsos nervosos são enviados está localizada no tronco [do] encéfalo e é denominada ***centro respiratório***. O centro resp[ira]tório consiste de grupos de neurônios no tronco do encéfalo, [que] são funcionalmente divididos em três áreas: (1) a área bulbar [do] ritmo na medula oblonga (ou bulbo), (2) a área pneumotáxica [na] ponte e (3) a área apnêustica na ponte (Figura 18.15).

Área Bulbar do Ritmo

A ***área bulbar*** controla o ritmo básico da respiração. No esta[do] normal em repouso, a inspiração geralmente dura cerca de d[ois] segundos, e a expiração, cerca de três segundos. Este é o rit[mo] básico da respiração. Na área bulbar são encontradas áreas insp[ira]tórias e expiratórias. Consideremos primeiro o papel dos neurô[nios] inspiratórios.

Figura 18.15 Localização aproximada das áreas do centro respiratório.

 O centro respiratório está localizado no bulbo e na ponte do tronco do encéfalo.

FUNÇÕES DAS ÁREAS NO CENTRO RESPIRATÓRIO

1. A área bulbar contém duas regiões - [a] área inspiratória e a área expiratória.
2. Os impulsos nervosos originados na área inspiratória estabelecem o ritmo básico da respiração.
3. Os neurônios na área expiratória são inativos durante a respiração calma, mas causam a contração dos músculos intercostais internos e abdominais durante a expiração forçada.
4. A área pneumotáxica envia impulsos inibitórios à área inspiratória limitando a inspiração e provocando a expiração.
5. A área apnêustica envia impulsos excitatórios à área inspiratória prolongando a inspiração quando a área pneumotáxica está inativa.

P *Na respiração normal e calma, qual das áreas mostradas contém células que estabelecem o ritmo básico da respiração?*

O ritmo básico da respiração é determinado por impulsos nervosos gerados na área inspiratória. Os impulsos nervosos da área inspiratória ativa são conduzidos pelos nervos frênico e intercostais até os músculos da inspiração (músculos diafragma e intercostais externos), fazendo-os contrair-se e produzindo a inspiração. Quando os neurônios inspiratórios tornam-se novamente inativos, os músculos relaxam-se, ocorrendo a expiração, e o ciclo se repete reiteradamente.

Os neurônios expiratórios permanecem inativos durante a respiração normal e calma. Contudo, durante altos níveis de ventilação pulmonar, os impulsos enviados pela área expiratória provocam a contração dos músculos intercostais internos e abdominais, que diminuem o tamanho da cavidade torácica para produzir uma respiração forçada.

Área Pneumotáxica

Embora a área bulbar controle o ritmo básico da respiração, as outras áreas auxiliam a coordenar a transição entre a inspiração e a expiração. A ***área pneumotáxica*** na parte superior da ponte (Figura 18.15) transmite impulsos inibitórios para a área inspiratória. Com efeito, estes impulsos auxiliam a desligar a área inspiratória antes que os pulmões se tornem muito cheios de ar. Por limitar a inspiração, a área pneumotáxica desencadeia a expiração.

Área Apnêustica

A ***área apnêustica*** na parte inferior da ponte (Figura 18.15) também ajuda a coordenar a respiração. Ela estimula a área inspiratória a prolongar a inspiração, inibindo assim a expiração. Quando a área pneumotáxica estiver ativa, ela inibirá a área apnêustica.

Um resumo do controle nervoso da respiração é apresentado na Figura 18.16.

Regulação da Atividade do Centro Respiratório

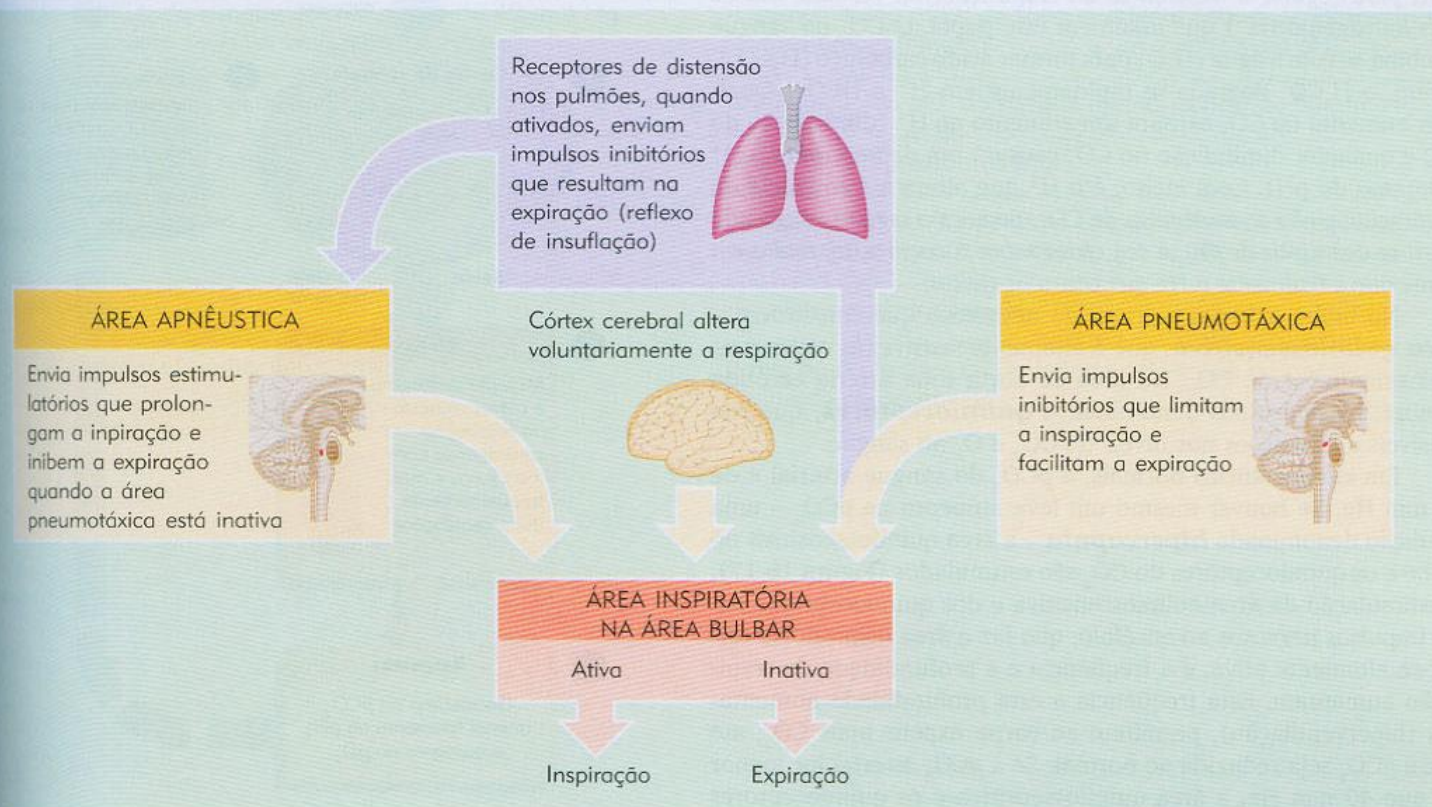
Embora o ritmo básico da respiração seja determinado e coordenado pelo centro respiratório, o ritmo pode ser modificado em resposta às necessidades do corpo.

Influências Corticais

O centro respiratório tem conexões com o córtex cerebral, o que significa que podemos alterar voluntariamente nosso padrão de respiração (Figura 18.16). Podemos até mesmo nos recusar a respirar por um curto período.

O controle voluntário é protetor, pois nos permite impedir que a água ou gases irritantes penetrem nos pulmões. Contudo,

Figura 18.16 Resumo do controle nervoso da respiração.

Enquanto a área pneumotáxica desencadeia a expiração, a área apnêustica prolonga a inspiração.

Como se comparam os tempos de duração da inspiração e da expiração durante os períodos de repouso?

prender a respiração produz um acúmulo de CO_2 e H^+ no sangue. Em um certo nível sangüíneo, a área inspiratória é estimulada, impulsos são enviados pelos nervos frênico e intercostais até os músculos inspiratórios e a respiração é restabelecida, quer a pessoa deseje ou não. É impossível suicidar-se prendendo a respiração. Mesmo que você desmaie, a respiração é reestabelecida quando a consciência é perdida.

Reflexo de Insuflação

Localizadas nas paredes dos brônquios e bronquíolos, por todo o pulmão, há células nervosas denominadas receptores de distensão. Quando os receptores são distendidos durante a hiperinsuflação dos pulmões, impulsos são enviados através dos nervos vagos (X) às áreas inspiratória e apnêustica para causar a inibição da inspiração subseqüente. O resultado é a ocorrência da expiração. À medida que os pulmões se esvaziam, os receptores de distensão não são mais estimulados. Uma vez que as áreas inspiratória e apnêustica não são mais inibidas, uma nova inspiração começa. Este processo é denominado ***reflexo de insuflação***, um mecanismo protetor que impede a hiperinsuflação dos pulmões (Figura 18.16).

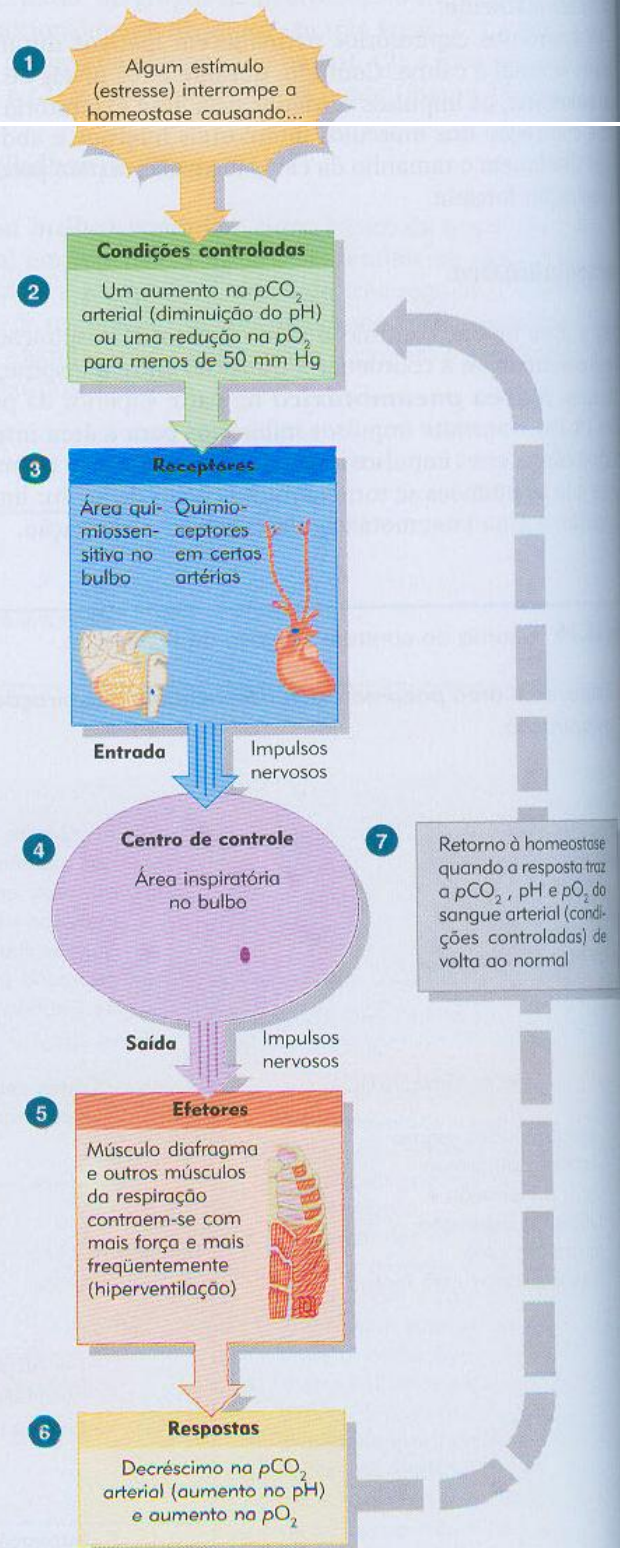
Estímulos Químicos

Certos estímulos químicos determinam a rapidez e a profundidade de nossa respiração. O objetivo final do sistema respiratório é manter os níveis próprios de CO_2 e O_2, e o sistema é altamente responsivo a alterações nos níveis sangüíneos de ambos. Embora seja conveniente falar do dióxido de carbono como o estímulo químico para regular a freqüência da respiração, na verdade são os íons hidrogênio (H^+) que assumem este papel. O CO_2 no sangue combina-se com a água (H_2O) para formar ácido carbônico (H_2CO_3). Porém, o H_2CO_3 degrada-se rapidamente em H^+ e HCO_3^-. Qualquer aumento no CO_2 causará um aumento no H^+ (diminuição do pH) e qualquer diminuição no CO_2 causará um decréscimo no H^+ (aumento do pH). Com efeito, é o H^+ que altera a freqüência da respiração, e não as moléculas de CO_2. *Embora a seguinte discussão refira-se aos níveis de CO_2 e seu efeito sobre a respiração, tenha em mente que é realmente o H^+ que causa os efeitos.*

No bulbo existe um grupo de neurônios que constituem a ***área quimiossensitiva***, que é altamente sensível às concentrações sangüíneas de CO_2. No arco da aorta e na artéria carótida comum, há neurônios denominados ***quimioceptores***, que são sensíveis a alterações nos níveis de CO_2 e O_2 no sangue.

Em circunstâncias normais, a pCO_2 do sangue arterial é de 40 mm Hg. Se houver mesmo um leve aumento na pCO_2 – uma condição denominada ***hipercapnia*** – a área quimiossensitiva no bulbo e os quimioceptores do CO_2 são estimulados (Figura 18.17). A estimulação da área quimiossensitiva e dos quimioceptores envia impulsos nervosos ao encéfalo, que faz a área inspiratória tornar-se altamente ativa, e a freqüência e a profundidade da respiração aumentam. Esta freqüência e esta profundidade aumentadas (hiperventilação), permitem ao corpo expelir mais CO_2, até que a pCO_2 seja reduzida ao normal. Se a pCO_2 arterial for menor do que 40 mm Hg, a área quimiossensitiva e os quimioceptores não são estimulados e os impulsos excitatórios não são enviados à área inspiratória. Conseqüentemente, a área estabelece seu pró-

Figura 18.17 Controle por retroalimentação negativa da respi-ção, por meio de alterações na pCO_2 (concentração de H^+) e p... do sangue.

A área quimiossensitiva no bulbo é sensível aos níveis de CO_2 (H^+) e O_2 no sangue.

Qual é a pCO_2 normal do sangue arterial?

rio ritmo moderado até que o CO_2 se acumule e a pCO_2 suba para 0 mm Hg. As baixas freqüência e profundidade da respiração são lenominadas ***hipoventilação***.

Os quimioceptores do oxigênio são sensíveis somente a grandes diminuições na pO_2, pois a hemoglobina permanece cerca de 35% ou mais saturada em valores de pO_2 até aproximadamente de 0 mm Hg. Se a pO_2 arterial cair de um normal de 105 mm Hg para aproximadamente 50 mm Hg, os quimioceptores tornam-se estimulados e enviam impulsos à área inspiratória e a respiração aumenta. Porém, se a pO_2 cai muito abaixo de 50 mm Hg, as células da área inspiratória sofrem privação de oxigênio e não respondem bem a quaisquer receptores químicos. Elas enviam poucos impulsos aos músculos inspiratórios, e a freqüência da respiração diminui ou a respiração cessa.

Outras Influências

Certas artérias também contêm ***baroceptores*** (receptores de pressão), que são estimulados por um aumento na pressão do sangue. Embora estes baroceptores estejam relacionados principalmente com o controle da circulação (veja a Figura 16.4), eles também auxiliam a controlar a respiração. Por exemplo, um aumento súbito na pressão arterial diminui a freqüência da respiração, e uma queda na pressão arterial aumenta a freqüência da respiração.

Outros fatores que controlam a respiração são:

1. ***Temperatura.*** Um aumento na temperatura corporal, como durante uma febre ou exercício muscular vigoroso, aumenta a freqüência da respiração. Uma diminuição na temperatura corporal diminui a freqüência da respiração. Um estímulo frio súbito como mergulhar na água fria causa apnéia, uma cessação temporária da respiração.
2. ***Dor.*** Uma dor súbita, intensa, produz apnéia, mas uma dor prolongada desencadeia a síndrome de adaptação geral (veja a Figura 13.19) e aumenta a freqüência respiratória.
3. ***Distensão do músculo esfíncter do ânus.*** Isto aumenta a freqüência respiratória e algumas vezes é usado para estimular a respiração em uma pessoa que cessou de respirar.
4. ***Irritação das vias aéreas.*** A irritação mecânica ou química da faringe ou da laringe produz uma cessação imediata da respiração, seguida de tosse ou espirros.

Um resumo dos estímulos que afetam a ventilação é apresentado no Quadro 18.3.

Quadro 18.3 Resumo dos Estímulos que Afetam a Freqüência e a Profundidade da Ventilação Pulmonar

ESTÍMULOS QUE AUMENTAM A FREQÜÊNCIA E A PROFUNDIDADE DA VENTILAÇÃO PULMONAR	ESTÍMULOS QUE DIMINUEM (INIBEM) A FREQÜÊNCIA E A PROFUNDIDADE DA VENTILAÇÃO PULMONAR
Aumento na pCO_2 do sangue arterial acima de 40 mm Hg (causa um aumento no H^+ e uma redução no pH)	Diminuição na pCO_2 do sangue arterial abaixo de 40 mm Hg (causa uma diminuição no H^+ e um aumento no pH)
Redução na pO_2 do sangue arterial, de 105 mm Hg para 50 mm Hg	Diminuição na pO_2 do sangue arterial abaixo de 50 mm Hg
Diminuição na pressão arterial	Aumento na pressão arterial
Aumento na temperatura corporal	A diminuição na temperatura corporal diminui a freqüência da respiração, e um súbito estímulo frio causa apnéia.
Dor prolongada	Dor intensa causa apnéia
Distensão do músculo esfíncter do ânus	Irritação da faringe ou da laringe pelo toque ou por produtos químicos causa apnéia

foco no bem-estar

Tabagismo: Uma Experiência de Tirar o Fôlego

O fumo de cigarros tem sido denominado a causa isolada mais evitável de morte e de incapacidade na América do Norte. De fato, todas as formas de uso de tabaco desafiam a capacidade do corpo de manter a homeostase e a saúde. Agora que você tem uma boa compreensão da complexidade dos sistemas cardiovascular (circulatório) e respiratório, é fácil compreender o motivo. Aqui estão alguns dos efeitos mais mortais do tabagismo.

Onde Há Fumaça...

...Há lesão. Considere a estrutura dos alvéolos, *uma estrutura* milagrosa que lhe permite extrair o oxigênio vivificante e limpar seu corpo do resíduo metabólico. A exposição crônica à fumaça gradualmente destrói a elasticidade dessas estruturas sensíveis. O resultado é o enfisema, uma degeneração progressiva dos alvéolos que faz a respiração e a assimilação de oxigênio tornarem-se cada vez mais difíceis. O mecanismo exato pelo qual a fumaça destrói a estrutura e a função dos alvéolos é desconhecido. Uma hipótese sugere que, quando os macrófagos e os leucócitos nos alvéolos produzem enzimas para destruir o material estranho introduzido pela fumaça, estas enzimas podem inadvertidamente destruir também o tecido pulmonar.

A bronquite resulta da inflamação do trato respiratório superior; ela é caracterizada pela produção excessiva de muco. Em fumantes, a bronquite crônica pode resultar da irritação pela fumaça do cigarro. A "tosse do fumante" é um sintoma de bronquite. Se não tratada, a bronquite aumenta o risco de infecções mais graves e dano permanente das vias aéreas.

Chamando o Câncer

O câncer de pulmão era uma doença rara nos primórdios dos 1900. Agora, é uma das principais causas de morte por câncer para homens e para mulheres, graças primariamente ao tabagismo.

A fumaça do cigarro contém uma série de carcinógenos conhecidos, incluindo o benzopireno, N-nitrosaminas e partículas radioativas como o rádon e polônio, que podem iniciar e promover as alterações celulares que conduzem ao câncer.

O fumo também aumenta o risco de cânceres em outras localizações. Cânceres na cavidade da boca (boca, língua, lábio, bochecha e faringe) e na laringe ocorrem em fumantes de cachimbo e charuto, bem como de cigarro, e em pessoas que mascam tabaco (sem fumaça). Quando a fumaça é inalada, os carcinógenos são absorvidos desde as vias aéreas para a corrente sangüínea e, assim, podem contribuir para o câncer em regiões não respiratórias. Os cânceres do esôfago, do estômago, do rim, do pâncreas e da bexiga urinária são mais comuns em fumantes do que em não-fumantes. Mulheres que fumam têm taxas maiores de câncer de colo de útero e mama. Estudos recentes também sugeriram ligações entre o fumo e o câncer de colo do intestino, e alguns tipos de leucemia.

Um Hábito de "Cortar o Coração"

Por ter vários efeitos negativos sobre o sistema cardiovascular, o tabagismo é uma das principais causas de morte por ataque cardíaco (infarto) e derrame cerebral. O fumo está associado à lesão do revestimento endotelial das artérias. Lembre-se de que esta lesão é o primeiro passo no processo da aterosclerose.

Os produtos químicos na fumaça do cigarro podem ativar o colesterol LDL para realizar seu trabalho aterogênico de depositar colesterol na parede da arteria.

O fumo também diminui os níveis de colesterol HDL cardioprotetor. O tabagismo aumenta os níveis de fibrinogênio no sangue, de agregação plaquetária e, assim, o risco de coagulação.

A nicotina, um aditivo químico encontrado nos produtos do tabaco, é uma substância simpaticomimética, isto é, que mimetiza a estimulação do sistema nervoso simpático. Ela estimula a liberação de adrenalina (epinefrina) e noradrenalina (norepinefrina), eleva os níveis de açúcar e de gordura no sangue e aumenta a freqüência cardíaca e a pressão arterial. Esse trabalho extra para o coração requer mais oxigênio; porém, o coração na verdade recebe menos, pois a concentração de oxigênio no sangue é menor em um fumante devido à substituição parcial do oxigênio pelo monóxido de carbono (presente na fumaça do cigarro). O oxigênio também tem mais dificuldade de alcançar o músculo cardíaco, pois a nicotina estimula a contração as artérias coronárias.

Pensamento Crítico

O tabagismo reduz a quantidade de oxigênio que atinge os tecidos do corpo, o que interfere com a capacidade do corpo de produzir colágeno. Como isso ajuda a explicar por que os fumantes curam-se mais lentamente de úlceras, cirurgias e fraturas? Por que você acha que os fumantes sofrem um envelhecimento prematuro da pele?

Doenças Comuns

Câncer de Pulmão

Um câncer comum de pulmão, o *carcinoma broncogênico*, começa nas paredes dos brônquios. A irritação constante pela fumaça e poluentes inalados aumenta o tamanho das células mucoprodutoras do epitélio bronquial. Elas respondem secretando excesso de muco. As células basais também respondem ao estresse sofrendo divisão celular tão rapidamente que empurram a área ocupada pelas células mucoprodutoras e colunares.

Se o estresse ainda continuar, as células basais do epitélio dos brônquios continuam a se dividir e irrompem através da membrana basal; as células colunares e mucoprodutoras desaparecem e podem ser substituídas por células escamosas cancerosas. Se isto ocorrer, o crescimento maligno dissemina-se através do pulmão e pode bloquear um brônquio. A ocorrência do carcinoma broncogênico é mais de 20 vezes maior em fumantes de cigarros do que em não fumantes.

Asma

Doenças como a asma, bronquite e enfisema têm em comum algum grau de obstrução das vias aéreas. O termo ***doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC)*** é usado para referir-se a estes distúrbios. Entre os sintomas que podem indicar uma obstrução significativa ao fluxo de ar estão a tosse, sibilância e dispnéia (respiração dolorosa ou forçada).

A ***asma*** é uma reação, freqüentemente alérgica, caracterizada por ataques de sibilância e respiração difícil. As crises são desencadeadas por espasmos do músculo liso nas paredes dos brônquios menores e bronquíolos, fazendo as vias aéreas fecharem-se parcialmente.

Bronquite

A ***bronquite*** é a inflamação dos brônquios, caracterizada por um aumento das glândulas e células mucoprodutoras que revestem as vias aéreas bronquiais. O fumo de cigarros é a principal causa de bronquite crônica, isto é, bronquite que dura pelo menos três meses do ano, por dois anos sucessivos.

Enfisema

No ***enfisema***, as paredes alveolares perdem sua elasticidade e permanecem cheias de ar durante a expiração. Quando mais alvéolos são lesados, os pulmões tornam-se permanentemente insuflados, pois perderam a elasticidade. Para se ajustar ao tamanho aumentado do pulmão, o tamanho da caixa torácica aumenta, resultando em um "tórax em barril". O enfisema geralmente é causado por uma irritação prolongada. A fumaça do cigarro, a poluição do ar e a exposição ocupacional ao pó industrial são os irritantes mais comuns.

Pneumonia

Pneumonia refere-se a uma infecção ou inflamação agudas dos alvéolos. Os sáculos alveolares enchem-se de líquido e leucócitos mortos, reduzindo a quantidade de espaço aéreo nos pulmões.

Tuberculose (TB)

A bactéria *Mycobacterium tuberculosis* produz uma doença infecciosa, transmissível, denominada ***tuberculose (TB)***. A TB afeta mais freqüentemente os pulmões e as pleuras. A bactéria destrói partes do tecido pulmonar e este é substituído por tecido conjuntivo fibroso.

Síndrome da Angústia Respiratória (SAR) do Recém-Nascido

A ***síndrome da angústia respiratória (SAR) do recém-nascido*** também é denominada doença do pulmão vítreo ou ***doença da membrana hialina (DMH)***. No nascimento, as vias respiratórias cheias de líquido devem tornar-se vias respiratórias preenchidas por ar, e os alvéolos colapsados devem se expandir e funcionar na troca de gases. O sucesso desta transição depende grandemente do surfactante, a substância produzida pelas células alveolares. No recém-nascido, cujos pulmões são deficientes em surfactante, os alvéolos colapsam quase até seu estado original desinflado.

Insuficiência Respiratória

A ***insuficiência respiratória*** refere-se a uma condição em que o sistema respiratório não pode suprir oxigênio suficiente para manter o metabolismo ou não pode eliminar dióxido de carbono suficiente para prevenir a acidose respiratória (um pH menor do que o normal). A insuficiência respiratória sempre causa disfunção concomitante em outros órgãos.

Síndrome da Morte Súbita do Infante (SMSI)

A ***síndrome da morte súbita do infante (SMSI)***, também denominada morte no berço, mata mais bebês entre uma semana e 12 meses de idade que qualquer outra doença. A SMSI ocorre sem aviso. Embora cerca de metade de suas vítimas tivesse sofrido uma infecção respiratória superior dentro de duas semanas antes da morte, os bebês eram de outro modo saudáveis. Muitas hipóteses foram propostas como explicações para a SMSI, mas as causas precisas não estão claras. Acredita-se que uma causa principal seja a hipoxia, em bebês que dormem em posição de decúbito ventral (pronada) (deitados de barriga para baixo) e que respirem novamente o ar expirado aprisionado em uma depressão do colchão. Por esta razão, sugere-se que os recém-nascidos normais sejam colocados deitados de costas (decúbito dorsal) para dormir. A distribuição sazonal da incidência da SMSI, sendo menor durante os meses de verão e maior no final do outono e inverno, sugere um agente infecioso, sendo os vírus os mais prováveis. A maioria dos casos ocorre em um momento na vida quando os níveis de anticorpos estão baixos e o infante está em um período crítico de suscetibilidade. Alternativamente, os bebês têm mais probabilidade de morrer por superaquecimento devido ao excesso de agasalhos nos meses de inverno.

Resfriado Comum e Influenza

Centenas de vírus são responsáveis pelo ***resfriado comum***. Um grupo de vírus denominado rinovírus responde por cerca de 40% de todos os resfriados em adultos. Os sintomas típicos incluem espirro, secreção nasal excessiva e congestão. Freqüentemente, não há febre.

A ***influenza*** também é causada por um vírus. Seus sintomas incluem calafrios, febre (freqüentemente maior do que 38°C), cefaléia e dores musculares.

Embolia Pulmonar

A ***embolia pulmonar*** refere-se à presença de um coágulo sangüíneo ou outra substância estranha em um vaso arterial pulmonar, que obstrui a circulação ao tecido pulmonar.

Edema Pulmonar

O ***edema pulmonar*** refere-se a um acúmulo anormal de líquido intersticial nos espaços intersticiais e alvéolos dos pulmões.

Terminologia e Condições Médicas

Asfixia (*sphyxis* = pulso) Privação de oxigênio devido ao baixo teor de oxigênio atmosférico ou à interferência na ventilação, respiração externa ou respiração interna.

Aspiração (*spirare* = respirar) Inalação de uma substância estranha como a água, alimento ou corpo estranho na árvore bronquial; extração de uma substância por sucção.

Difteria (*diphthera* = membrana) Uma infecção bacteriana aguda que provoca a dilatação da túnica mucosa das partes nasal e oral da faringe e da laringe, que se torna coriácea. As túnicas mucosas dilatadas obstruem as vias aéreas e podem causar morte por asfixia.

Dispnéia (*dys* = dolorosa, difícil; *pnoia* = respiração) Respiração dolorosa ou forçada.

Epistaxe Perda de sangue do nariz, devido a trauma, infecção, alergia, neoplasias e distúrbios hemorrágicos. Ela pode ser interrompida por cauterização com nitrato de prata, eletrocauterização e tamponamento firme.

Hemoptise (*hemo* = sangue; *ptein* = cuspir) Eliminação de sangue do trato respiratório.

Manobra de Heimlich (compressão abdominal) Procedimento de primeiros socorros, designado para remover das vias aéreas objetos obstrutivos. Ele é realizado aplicando-se uma compressão rápida para cima que causa a elevação súbita do músculo diafragma e a expulsão forçada e rápida do ar nos pulmões; esta ação força o ar para fora da traquéia, para expulsar o objeto obstrutivo. A manobra de Heimlich também é usada para expelir a água dos pulmões das vítimas de afogamento, antes de a ressuscitação ser iniciada.

Ortopnéia (*ortho* = reto) Respiração difícil que ocorre em posição horizontal.

Pneumectomia (*pneumo* = pulmão; *tome* = cortar) Remoção cirúrgica de um pulmão.

Estertores Sons algumas vezes ouvidos nos pulmões, que lembram borbulho, chocalho ou crepitação. Os estertores são para os pulmões o que os sopros são para o coração. Eles são devidos à presença de um tipo ou quantidade anormais de líquido ou muco nos bronquíolos terminais e alvéolos; são indicativos de pneumonia.

Respiração de Cheyne-Stokes Um ciclo repetido de respirações irregulares, iniciando com respirações superficiais que aumentam em profundidade e rapidez, então diminuem e cessam completamente por 15 a 20 segundos. A respiração de Cheyne-Stokes é normal em infantes. Ela também é freqüentemente vista logo antes da morte por doença pulmonar, cerebral, cardíaca e renal.

Respirador Um aparelho adaptado a uma máscara sobre o nariz e a boca, ou ligado diretamente a um tubo endotraqueal ou de traqueotomia, que é usado para assistir ou manter a ventilação pulmonar ou para fornecer medicação às vias aéreas sob pressão.

Ressuscitação cardiopulmonar (RCP) O estabelecimento artificial de respiração e circulação normais ou próximas do normal.

Rinite (*rhino* = nariz) Inflamação crônica ou aguda da túnica mucosa do nariz.

Sibilos Um som de assobio (chiado) feito na respiração, geralmente durante a expiração; resultante da constrição ou obstrução de uma via respiratória. Ele ocorre em condições como a asma, insuficiência cardíaca congestiva, edema e tumores.

Taquipnéia (*tachy* = rápido; *pnoia* = respiração) Respiração rápida.

Resumo dos Estudos

Órgãos (p. 408)

1. Os órgãos respiratórios incluem o nariz, a faringe, a laringe, a traquéia, os brônquios e os pulmões.
2. Eles atuam com o sistema cardiovascular para suprir oxigênio e remover o dióxido de carbono do sangue.

Nariz (p. 408)

1. A porção externa do nariz é composta de cartilagem, revestimento externo com cútis (pele), e revestimento interno com túnica mucosa. As aberturas para o exterior são as narinas.
2. A porção interna do nariz comunica-se com os seios paranasais e a parte nasal da faringe através dos cóanos.
3. As partes interna e externa do nariz são divididas por um septo.
4. O nariz é adaptado para o aquecimento, umedecimento, filtragem do ar, olfação e para servir como cavidade de ressonância para sons especiais.

Faringe (p.409)

1. A faringe (garganta) é um tubo muscular revestido por uma túnica mucosa.

2. As regiões anatômicas são a parte nasal (nasofaringe), a parte oral (orofaringe) e a parte laríngea (laringofaringe).
3. A parte nasal (nasofaringe) funciona na respiração. A parte oral (orofaringe) e parte laríngea (laringofaringe) atuam na digestão e respiração.

aringe (p. 409)

1. A laringe (caixa de voz) é uma via aérea que conecta a faringe com a traquéia.
2. Ela contém a cartilagem tireóide (pomo de Adão); a epiglote, que impede o alimento de entrar na laringe; a cartilagem cricóide, que conecta a laringe e traquéia; e três cartilagens pares das quais, as mais importantes são as cartilagens aritenóides, que auxiliam no movimento das pregas vocais.
3. A laringe contém as pregas vocais que produzem o som, e as pregas vestibulares, que servem para prender a respiração contra pressão na cavidade torácica, como quando se faz força para erguer um objeto pesado.
4. Pregas vocais tensas produzem tons altos; pregas relaxadas produzem tons baixos.

raquéia (p. 409)

1. A traquéia estende-se da laringe aos brônquios principais (primários).
2. Ela é composta de músculo liso e arcos (anéis) de cartilagem em forma de C, e é revestida com epitélio colunar pseudoestratificado ciliado.

rônquios (p. 411)

1. A árvore bronquial consiste de traquéia, brônquios principais (primários), brônquios lobares (secundários), brônquios segmentares (terciários), bronquíolos e bronquíolos terminais.
2. Duas paredes dos brônquios contêm arcos de cartilagem; as paredes dos bronquíolos contêm músculo liso.

ulmões (p. 412)

1. Os pulmões são órgãos pares na cavidade torácica. Eles são envolvidos pela pleura. A pleura parietal é a lâmina externa; a pleura visceral é a lâmina interna.
2. O pulmão direito tem três lobos, separados por duas fissuras; o pulmão esquerdo tem dois lobos separados por uma fissura, e uma depressão denominada incisura cardíaca.
3. Cada lobo consiste de lóbulos, que contêm vasos linfáticos, arteríolas, vênulas, bronquíolos terminais, bronquíolos respiratórios, dúctulos alveolares, sáculos alveolares e alvéolos.
4. A troca gasosa ocorre através da membrana alveolocapilar (respiratória).

espiração (p. 414)

entilação Pulmonar (p. 414)

1. A ventilação pulmonar ou respiração consiste da inspiração e expiração.
2. O movimento do ar para dentro e para fora dos pulmões depende das alterações de pressão.
3. A inspiração ocorre quando a pressão alveolar cai abaixo da pressão atmosférica. A contração dos músculos diafragma e intercostais externos aumenta o tamanho do tórax, de modo que os pulmões expandem-se. A expansão dos pulmões diminui a pressão alveolar, e o ar move-se ao longo do gradiente de pressão da atmosfera para os pulmões.
4. A expiração ocorre quando a pressão alveolar é maior do que a pressão atmosférica. O relaxamento dos músculos diafragma e intercostais externos diminui o tamanho do tórax e volume pulmonar, e a pressão alveolar aumenta de modo que o ar se move dos pulmões à atmosfera.
5. Durante a inspiração forçada, os músculos acessórios da inspiração também são usados.
6. Um pulmão colapsado pode ser causado por ar na cavidade pleural, obstrução das vias aéreas ou falta de surfactante.
7. A expiração forçada envolve a contração dos músculos intercostais internos e abdominais.

Volumes de Ar e Capacidades Pulmonares (p. 418)

1. Entre os volumes de ar pulmonar trocados na ventilação, estão o volume de ar corrente, reserva inspiratória, reserva expiratória, volume residual e volume mínimo.
2. As capacidades pulmonares, a soma de dois ou mais volumes, incluem a inspiratória, residual funcional, vital e total.
3. O volume minuto da respiração é o ar total captado durante um minuto (volume de ar corrente vezes 12 respirações por minuto).

Troca de Gases Respiratórios (p. 419)

1. A pressão parcial de um gás é a pressão exercida por aquele gás em uma mistura de gases. Ela é simbolizada por *p*.
2. Cada gás em uma mistura de gases exerce sua própria pressão e comporta-se como se não houvesse outros gases presentes.

Respiração Externa (Pulmonar); Respiração Interna (Tecidual) (p. 419-420)

1. Nas respirações externa e interna, o O_2 e o CO_2 movem-se das áreas de sua maior pressão parcial para as áreas de sua menor pressão parcial.
2. A respiração externa (pulmonar) é a troca gasosa entre os alvéolos e os capilares sangüíneos pulmonares. Ela é auxiliada por uma fina membrana alveolocapilar (respiratória), uma grande área de superfície alveolar e um rico suprimento sangüíneo.
3. A respiração interna (tecidual) é a troca gasosa entre os capilares dos tecidos e as células teciduais.

Transporte dos Gases Respiratórios (p. 421)

1. A maior parte do oxigênio, (98,5%), é transportada pelos átomos de ferro do heme, na hemoglobina; o restante é conduzido no plasma.
2. A associação de O_2 e hemoglobina é afetada pela pO_2, pH, temperatura e pCO_2.
3. O dióxido de carbono é transportado de três modos. Cerca de 7% são dissolvidos no plasma, 23% combinam-se com a globina da hemoglobina e 70% são convertidos em íons bicarbonato (HCO_3^-) que circulam no plasma.
4. Hipoxia refere-se à deficiência de O_2 no nível dos tecidos.

Controle da Respiração (p. 422)

Controle Nervoso (p. 422)

1. O centro respiratório consiste de uma área bulbar (áreas inspiratória e expiratória), uma área pneumotáxica e uma área apnêustica.
2. A área inspiratória estabelece a freqüência básica da respiração.
3. As áreas pneumotáxica e apnêustica coordenam a inspiração e a expiração.

Regulação da Atividade do Centro Respiratório (p. 423)

1. A respiração pode ser modificada por uma série de fatores, tanto no encéfalo quanto fora dele.
2. Entre os fatores modificadores estão as influências corticais, o reflexo de insuflação, estímulos químicos (níveis de CO_2 e O_2), pressão arterial, temperatura, dor, distensão do esfíncter do ânus e irritação da túnica mucosa respiratória.

Auto-avaliação

1. Qual dos seguintes não é verdadeiro sobre a faringe?
   a. Alimentos, bebidas e ar passam através das partes oral e laríngea da faringe. b. As tubas auditivas (de Eustáquio) possuem aberturas na parte nasal da faringe. c. O epitélio pseudoestratificado ciliado da parte nasal da faringe ajuda a mover o muco cheio de pó em direção à boca. d. As tonsilas palatina e lingual estão localizadas na parte laríngea da faringe. e. A parede da faringe é composta de músculo esquelético revestido com túnica mucosa.
2. Ao falar, você eleva o tom de sua voz. Isto é possível pois
   a. a epiglote vibra rapidamente b. você aumentou a pressão do ar, empurrando-o contra as pregas vocais c. você aumentou a tensão nas pregas vocais d. suas pregas vocais tornaram-se mais espessas e mais longas e. as pregas vocais começam a vibrar mais lentamente
3. Qual das seguintes afirmativas não é verdadeira sobre os pulmões?
   a. Os vasos sangüíneos pulmonares penetram no hilo do pulmão. b. O pulmão esquerdo é mais espesso e mais largo, pois o fígado situa-se abaixo dele. c. O pulmão direito é composto de três lobos. d. A porção superior do pulmão é o ápice. e. Os brônquios são revestidos com epitélio colunar pseudoestratificado ciliado.
4. Que seqüência de eventos descreve melhor a inspiração?
   a. contração dos músculos diafragma e intercostais externos – aumento de tamanho da cavidade torácica – diminuição nas pressões torácica e alveolar b. relaxamento dos músculos diafragma e intercostais externos – diminuição de tamanho da cavidade torácica – aumento nas pressões torácica e alveolar c. contração dos músculos diafragma e intercostais externos – diminuição de tamanho da cavidade torácica – diminuição nas pressões torácica e alveolar d. relaxamento dos músculos diafragma e intercostais externos – aumento de tamanho da cavidade torácica – aumento nas pressões torácica e alveolar e. contração dos músculos diafragma e intercostais externos – diminuição de tamanho da cavidade torácica – aumento nas pressões torácica e alveolar
5. A expiração
   a. ocorre quando a pressão alveolar atinge 758 mm Hg b. normalmente é considerada um processo ativo que requer a contração muscular c. requer que a pressão alveolar seja maior que a pressão atmosférica d. envolve a expansão das pleuras e. ocorre quando a pressão atmosférica é igual à pressão nos pulmões
6. A quantidade de ar que entra nas vias respiratórias durante a respiração normal e calma é
   a. volume de ar corrente b. capacidade inspiratória c. capacidade vital d. capacidade pulmonar total e. volume mínimo
7. Se a pressão total de uma mistura de gases é 760 mm Hg e o gás Z compõe até 20% da mistura total, então a pressão parcial do gás Z seria
   a. 20 mm Hg b. 38 mm Hg c. 152 mm Hg d. 380 mm Hg e. 760 mm Hg
8. Quando o dióxido de carbono se liga à hemoglobina, que composto é formado?
   a. ácido carbônico b. íons bicarbonato c. oxi-hemoglobina d. monóxido de carbono e. carbamino-hemoglobina
9. Como a hipercapnia afeta a respiração?
   a. Ela aumenta a freqüência e a profundidade da respiração. b. Ela diminui a freqüência e a profundidade da respiração. c. Ela causa hipoventilação. d. Ela não altera a freqüência da respiração. e. Ela ativa os receptores de distensão nos pulmões.
10. O ar fluiria para DENTRO dos pulmões ao longo da seguinte via:
    1. bronquíolos
    2. brônquios (principais)
    3. brônquios (lobares)
    4. bronquíolos terminais
    5. brônquios (segmentares)
    6. traquéia

    a. 6, 1, 2, 3, 5, 4 b. 6, 5, 3, 4, 2, 1 c. 6, 2, 3, 5, 4, 1 d. 6, 2, 3, 5, 1, 4 e. 6, 1, 4, 5, 3, 1
11. O oxigênio liberta-se MAIS facilmente da hemoglobina quando
    a. a temperatura aumenta (dentro dos limites normais do corpo) b. o ácido diminui c. o pH do sangue aumenta d. a pO_2 é alta e. o CO_2 é baixo
12. A membrana alvéolo-capilar não contém
    a. células endoteliais capilares b. células septais c. macrófagos alveolares d. arcos de cartilagem hialina e. células epiteliais escamosas
13. A freqüência e a profundidade normais da respiração são denominados
    a. apnéia b. dispnéia c. eupnéia d. pneumonia e. hipercapnia

14. A troca gasosa entre os pulmões e o sangue é
a. respiração interna b. respiração externa c. expiração d. inspiração e. ventilação pulmonar

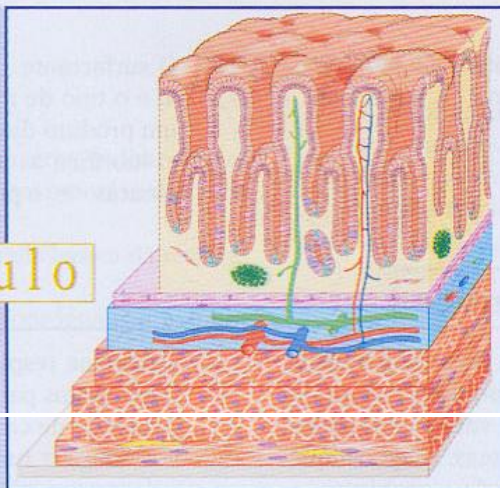
15. O surfactante
a. é o tipo de muco presente na cavidade do nariz b. é um produto das células epiteliais escamosas nos alvéolos c. lubrifica as pregas vocais d. é encontrado entre as pleuras e. é produzido pelas células septais

Aplicação do Pensamento Crítico

1. Um clube de esqui de um colégio da costa de Massachussets fez uma viagem para o Colorado, para esquiar em montanhas de verdade. Após um dia de esqui, vários estudantes queixaram-se de falta de ar, tontura e náuseas. Diagnostique sua condição e explique o que está causando o problema.
2. Um estudante de um colégio público dirigiu seu carro para casa após uma longa noite de estudos, entrou na garagem e caiu no sono dentro do carro com o motor ligado. No hospital, no dia seguinte, uma enfermeira disse que ele tinha sorte em estar vivo. Por que ele estava em perigo devido ao motor ligado do carro?
3. Sua sobrinha de três anos de idade, quer fazer tudo a seu modo, todo o tempo! Ela quer comer 20 bombons de chocolate, mas você dá a ela apenas três. Ela está nesse momento "prendendo a respiração até ficar azul." Ela está sob risco de morte?
4. O sistema respiratório e o sistema cardiovascular trabalham juntos para suprir o corpo com oxigênio e remover o dióxido de carbono. O fumo tem muitos efeitos negativos sobre o funcionamento desses dois sistemas. Liste pelo menos três efeitos do fumo sobre os sistemas respiratório e/ou cardiovascular.
5. Uma criança é trazida à sala de emergência com grande dificuldade de respirar, após aspirar um balão vazio. Que instrumentos podem ser usados para localizar e remover o balão? Se o balão atingiu a extremidade da traquéia, onde provavelmente está alojado?
6. Hiperventilar antes de prender a respiração, no nado debaixo da água, pode causar confusão nos sinais que vão ao seu centro respiratório; isso pode mesmo resultar em um desmaio por falta de oxigênio enquanto ainda está debaixo da água. Explique como a hiperventilação afetaria seus níveis de O_2 e CO_2 e como os níveis destes gases afetam o centro respiratório.

Respostas às Perguntas das Figuras

18.1 Nariz, faringe, laringe, traquéia, brônquios e bronquíolos (exceto os bronquíolos respiratórios).
18.2 Narinas → vestíbulo-cavidade do nariz → cóanos.
18.3 Durante a deglutição, a epiglote inclina-se sobre a laringe.
18.4 Uma vez que os tecidos entre o esôfago e a traquéia são moles, o esôfago pode se abaular em direção à traquéia quando você deglute o alimento.
18.5 Pulmão esquerdo, dois de cada; pulmão direito, três de cada.
18.6 Uma vez que dois terços do coração situam-se à esquerda da linha mediana, o pulmão esquerdo contém uma incisura cardíaca para acomodar a posição do coração. O pulmão direito é mais espesso e largo para acomodar o fígado situado abaixo dele.
18.7 Vaso linfático, arteríola, vênula e ramo de um bronquíolo terminal envolvido em tecido conjuntivo elástico.
18.8 Elas secretam líquido alveolar que inclui surfactante.
18.9 A pressão aumentaria para 4 atm.
18.10 Se você está em repouso enquanto lê, seu músculo diafragma.
18.1 Inspiração = 758 mm Hg; expiração = 762 mm Hg.
18.12 Capacidade vital.
18.13 Uma diferença na pO_2 que promove a difusão na direção indicada.
18.14 98,5%.
18.15 A área bulbar de ritmicidade.
18.16 A inspiração leva cerca de dois segundos; a expiração leva cerca de três segundos.
18.17 40 mm Hg.

19 O Sistema Digestório

objetivos do aprendizado

1. Classificar os órgãos do sistema digestório e descrever a histologia do trato gastrintestinal.
2. Descrever a estrutura da boca e explicar seu papel na digestão.
3. Descrever os estágios envolvidos na deglutição.
4. Explicar a estrutura e as funções do estômago na digestão.
5. Descrever a estrutura do pâncreas, do fígado e da vesícula biliar e explicar suas funções na digestão.
6. Explicar como o intestino delgado é adaptado para a digestão e a absorção.
7. Descrever a estrutura do intestino grosso e explicar sua função na digestão, na formação das fezes e na defecação.

uma visão geral

O alimento é vital para manter a vida, pois é a fonte de energia que garante as reações químicas que ocorrem em cada célula. A energia é necessária para atividades como a contração muscular, a condução dos impulsos nervosos e atividades secretoras e absortivas de muitas células. O alimento também é necessário pelos nutrientes (moléculas) que contém, que são usados nas reações químicas do corpo. Porém o alimento, no estado em que é consumido, não está adequado para uso. Ele deve ser degradado em moléculas que possam atravessar a parede do trato gastrintestinal. A degradação das moléculas de alimento para serem usadas pelas células é denominada ***digestão***, e os órgãos que realizam coletivamente esta função compreendem o ***sistema digestório***.

A especialidade médica que lida com a estrutura, a função, o diagnóstico e o tratamento das doenças do estômago e dos intestinos é denominada ***gastroenterologia*** (*gastro* = estômago; *enteron* = intestinos).

Processos Digestórios

O sistema digestório prepara o alimento para ser usado pelas células por meio de cinco atividades básicas.

1. **Ingestão.** Captar alimento pela boca (comer).
2. **Mistura e movimentação do alimento.** As contrações musculares misturam o alimento e as secreções e movimentam o alimento ao longo do trato gastrintestinal.
3. **Digestão.** A degradação do alimento por processos químicos e mecânicos. A ***digestão química*** é uma série de reações que degradam as moléculas grandes e complexas de carboidratos, lipídios e proteínas que ingerimos, transformando-as em moléculas simples, pequenas o suficiente para passar através das paredes dos órgãos digestórios e eventualmente para as células do corpo. A ***digestão mecânica*** consiste de vários movimentos que auxiliam na digestão química. Por exemplo, o alimento é mastigado pelos dentes antes de ser deglutido; o músculo liso do estômago e do intestino delgado "tritura" o alimento, de modo que ele seja misturado amplamente com as enzimas que o digerem. Ondas de contração muscular denominadas ***peristalse*** (*peri* = em torno de; *stalsis* = contração) movem os materiais ao longo do trato gastrintestinal.
4. **Absorção.** A passagem do alimento digerido do trato gastrintestinal aos sistemas sangüíneo e linfático para distribuição às células.
5. **Defecação.** A eliminação de substâncias não-digeridas do trato gastrintestinal.

Organização

Objetivo: *Classificar os órgãos do sistema digestório e descrever a histologia do trato gastrintestinal.*

Os órgãos digestórios podem ser divididos em dois grupos principais. O primeiro é o ***trato gastrintestinal (GI)*** ou ***canal alimentar***, um tubo contínuo que começa na boca e termina no ânus (Figura 19.1). Os órgãos do trato gastrintestinal incluem a boca, a faringe, o esôfago, o estômago, o intestino delgado e o intestino grosso. O trato GI contém o alimento do momento em que ele é ingerido até ser digerido e preparado para eliminação.

O segundo grupo de órgãos compondo o sistema digestório é o das ***estruturas acessórias***: os dentes, a língua, as glândulas salivares, o fígado, a vesícula biliar e o pâncreas. Os dentes se projetam no trato GI e auxiliam na degradação física do alimento. As outras estruturas acessórias, exceto a língua, situam-se totalmente fora do trato e produzem ou armazenam secreções necessárias para a digestão química. Estas secreções são liberadas no trato através de ductos.

Histologia Geral

A parede do trato GI consiste de quatro camadas de tecido. De dentro para fora, elas são a túnica mucosa, a tela submucosa e as túnicas muscular e serosa (Figura 19.2).

Túnica Mucosa

A ***túnica mucosa***, ou revestimento interno do trato, é uma membrana mucosa. Ela é composta de uma camada de epitélio em contato direto com o conteúdo do trato GI, tecido conjuntivo areolar e uma fina camada de músculo liso (lâmina muscular da mucosa). Esta fina camada de músculo liso determina pregas na túnica mucosa que aumentam a área de superfície para as atividades digestivas.

Túnica Submucosa

A ***túnica submucosa*** consiste de tecido conjuntivo areolar que une a túnica mucosa à túnica muscular. Ela contém numerosos vasos sangüíneos e linfáticos para a absorção dos produtos de degradação da digestão, e nervos que controlam as secreções do trato GI.

Túnica Muscular

A ***túnica muscular*** é uma camada espessa de músculo. Na boca, na faringe e na parte superior do esôfago, ela consiste em uma parte de músculo estriado esquelético que produz a deglutição voluntária. No restante do trato, a túnica muscular consiste de músculo liso, usualmente disposto em um estrato interno de fibras circulares e um estrato externo de fibras longitudinais. As contrações involuntárias desse músculo liso auxiliam fisicamente a degradação do alimento, misturando-o com as secreções digestivas e propelindo-no através do trato. A túnica muscular também contém nervos que controlam os movimentos do trato GI (motilidade).

Túnica Serosa (Peritônio)

A ***túnica serosa*** é a camada mais externa do trato GI. Ela é uma membrana serosa composta de epitélio escamoso simples e tecido conjuntivo. A túnica serosa secreta líquido seroso, que permite ao trato deslizar facilmente contra outros órgãos.

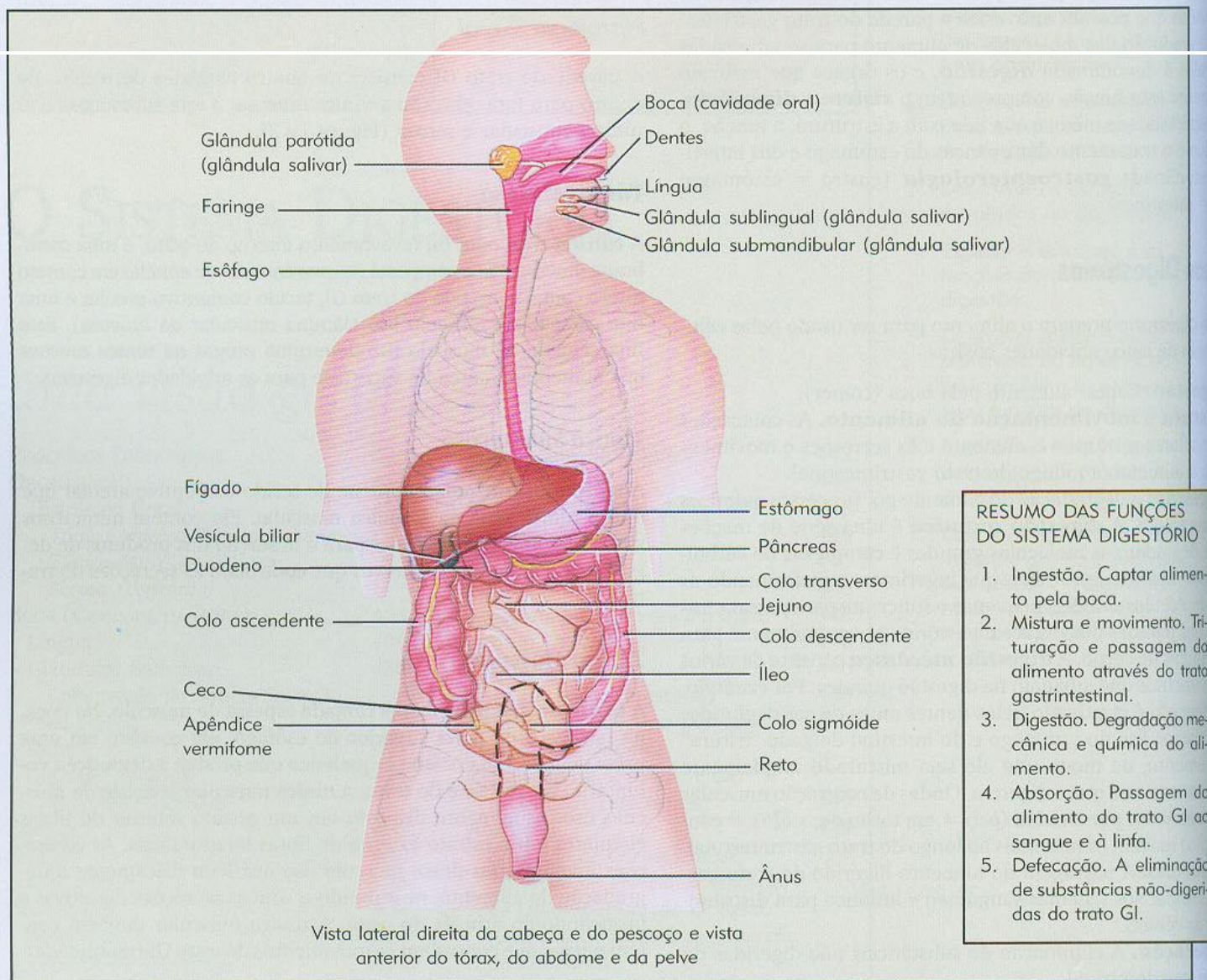
Lembre-se do Capítulo 4 que o ***peritônio*** (*peri* = em torno; *tonos* = tensão) é a maior túnica serosa do corpo. Enquanto o peritônio parietal reveste a parede da cavidade abdominal, o peritônio visceral reveste alguns dos órgãos na cavidade e é sua serosa.

O peritônio contém grandes pregas (reflexões) que ondulam entre as vísceras. Estas reflexões peritoneais unem os órgãos uns aos outros e às paredes da cavidade abdominal, e contêm vasos

Figura 19.1 Órgãos do sistema digestório e estruturas relacionadas.

Os órgãos do trato gastrintestinal (GI) são a boca, a faringe, o esôfago, o estômago, o intestino delgado e o intestino grosso. As estruturas acessórias do sistema digestório são os dentes, a língua, as glândulas salivares (parótida, sublingual e submandibular), o fígado, a vesícula biliar e o pâncreas.

Que tipo de movimento conduz o alimento ao longo do trato GI?

Vista lateral direita da cabeça e do pescoço e vista anterior do tórax, do abdome e da pelve

sangüíneos e linfáticos e nervos que suprem os órgãos abdominais. Uma parte do peritônio, o ***mesentério*** (*meso* = meio; *enteron* = intestino), fixa o intestino delgado à parede abdominal posterior (Figura 19.3b). O ***ligamento falciforme*** (*falx* = em forma de foice) fixa o fígado à parede abdominal anterior e ao diafragma (Figura 19.3a). O ***omento maior*** (omento = capa de gordura) pregueia-se sobre o colo transverso e alças do intestino delgado (Figura 19.3a). Uma vez que o omento maior contém grandes quantidades de tecido adiposo, parece um "avental de gordura" pregueado sobre os órgãos. O omento maior contém muitos linfonodos. Se uma infecção ocorre no intestino, os linfonodos combatem a infecção e auxiliam a prevenir sua disseminação aos órgãos abdominais e pélvicos.

Boca (Cavidade Oral)

Objetivo: *Descrever a estrutura da boca e explicar seu papel na digestão.*

A ***boca***, também referida como ***cavidade oral*** ou ***bucal*** (*bucca* = bochechas), é formada pelas bochechas, pelos palatos duro e mole e pela língua (Figura 19.4).

Os ***lábios*** são pregas carnosas em torno da abertura da boca. Eles são recobertos de cútis (pele) externamente e de túnica mucosa internamente. Durante a mastigação, os lábios e as bochechas auxiliam a manter o alimento entre os dentes superiores e inferiores. Eles também auxiliam na fala.

Figura 19.2 Desenho tridimensional ilustrando as várias camadas e estruturas relacionadas do trato gastrintestinal.

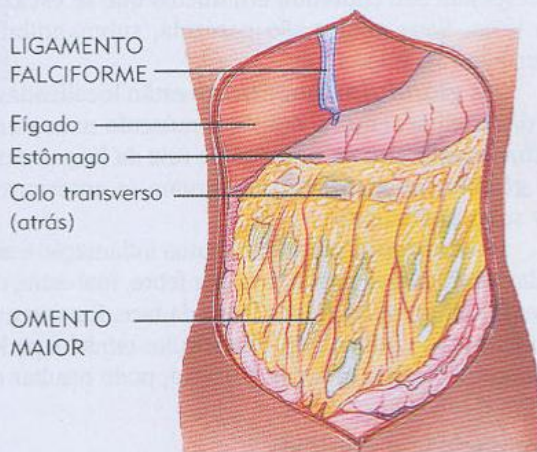
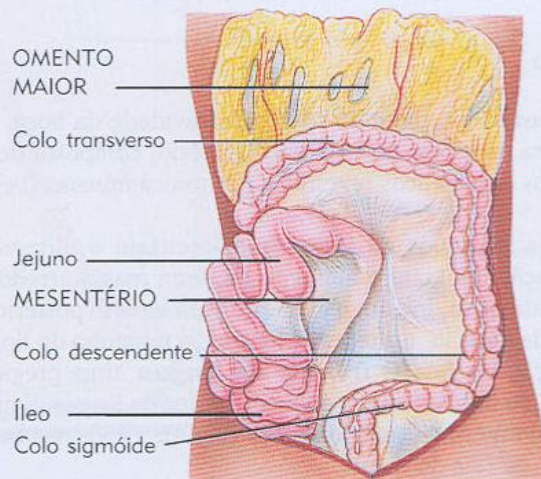
As quatro camadas do trato GI, de dentro para fora, são a túnica mucosa, a tela submucosa e as túnicas muscular e serosa.

Esôfago
Estômago
Intestino delgado
Intestino grosso
Superficial
Músculo longitudinal
Músculo circular
Muscular da mucosa
Tecido conjuntivo
Epitélio
Profundo
uprimento nervoso
a túnica muscular
uprimento nervoso
a submucosa
Vilosidade
Glândula na
ela submucosa
Luz
Vaso sangüíneo
Ducto de
glândula fora
do trato (como
glândula salivar
ou pâncreas)
Nódulo linfático
TÚNICA MUCOSA
TELA SUBMUCOSA
TÚNICA MUSCULAR
TÚNICA SEROSA
Mesentério

Vistas de secções das camadas do trato GI

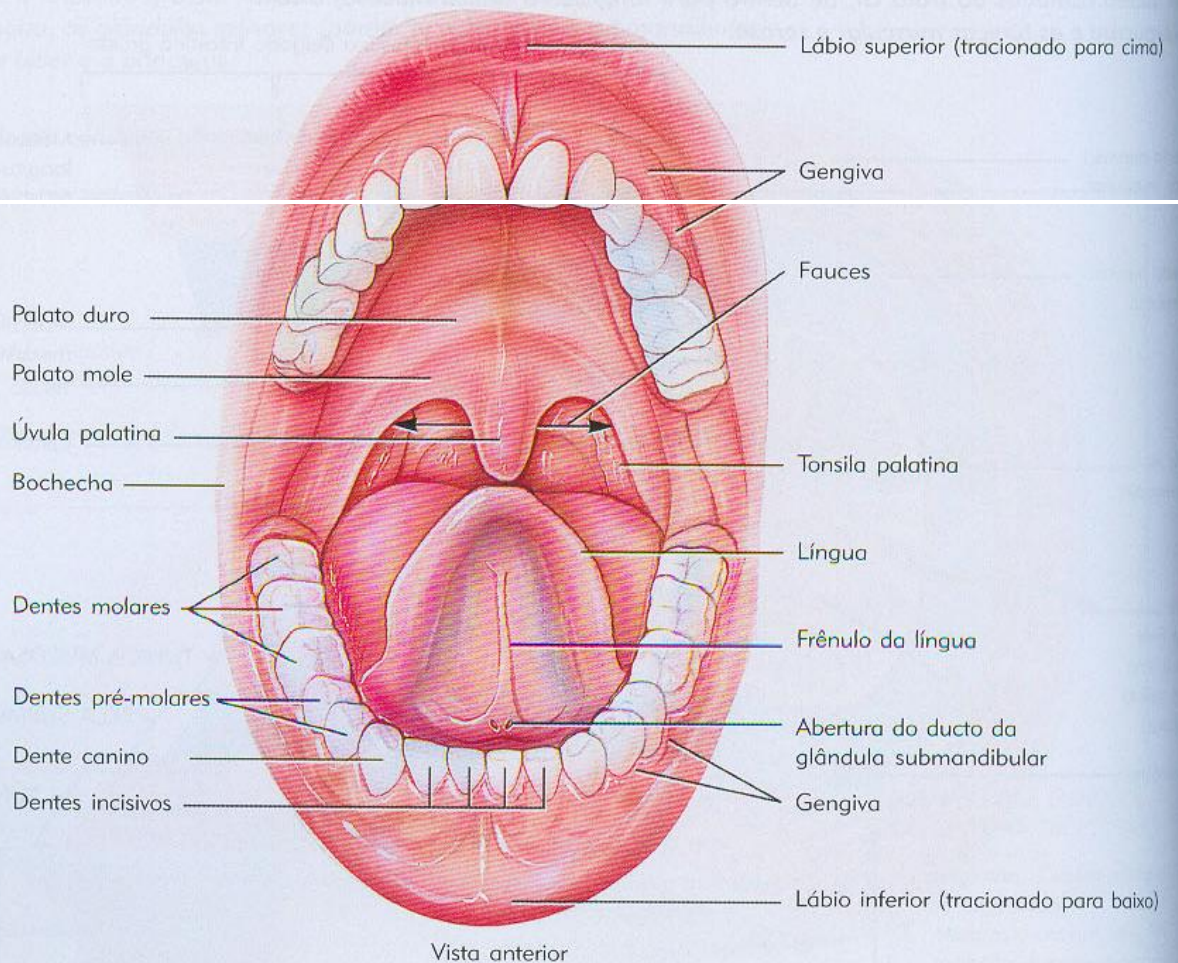
Qual a função dos nervos na parede do trato gastrintestinal?

Figura 19.3 Vistas do abdome e da pelve, indicando as relações das partes do peritônio uma com a outra e com os órgãos do sistema digestório.

O peritônio é a maior túnica serosa do corpo.

(a) Vista anterior

(b) Vista anterior (omento maior levantado e intestino delgado tracionado para o lado direito)

Que parte do peritônio fixa o intestino delgado à parede abdominal posterior?

Figura 19.4 Estruturas da boca (cavidade da boca).

 A boca é formada pelas bochechas, pelos palatos duro e mole e pela língua.

P *Quais as funções dos músculos da língua?*

O palato duro, consistindo das maxilas e dos ossos palatinos, compõe a maior parte do teto da boca. O restante é formado pelo palato mole, muscular. Pendurada no palato mole, há uma projeção mediana denominada ***úvula palatina***. Na parte posterior do palato mole, a cavidade da boca comunica-se com a parte oral da faringe através de uma abertura denominada ***istmo das fauces***. Logo atrás desta, estão as tonsilas palatinas.

Língua

A ***língua*** forma parte do soalho da cavidade da boca. Ela é uma estrutura acessória do sistema digestório, composta de músculos estriados esqueléticos revestidos por túnica mucosa (veja a Figura 12.3).

Os músculos da língua movimentam o alimento para a mastigação, moldam o alimento em uma massa arredondada denominada ***bolo***, forçam o alimento para a parte posterior da boca, para a deglutição, e alteram a forma e o tamanho da língua para a deglutição e a fala. O ***frênulo da língua***, uma prega de túnica mucosa na linha mediana da face inferior da língua, limita o movimento da mesma posteriormente (Figura 19.4). A tonsila lingual situa-se na raiz da língua.

A face superior (dorso) e as margens da língua são recobertas com projeções denominadas ***papilas linguais***. Algumas contêm calículos gustatórios (botões gustativos). Note as zonas de gos (paladar) na língua na Figura 12.3a.

Glândulas Salivares

O líquido denominado saliva é secretado por três pares de glân***dulas salivares***, estruturas acessórias que se situam fora da boc e despejam seu conteúdo em ductos que se esvaziam na cavida da boca. Seus nomes são parótida, submandibular e sublingu (ver Figura 19.1).

As ***glândulas parótidas*** estão localizadas abaixo e adia te das orelhas, entre a cútis e o músculo masseter. As ***glândula submandibulares*** ficam sob a raiz da língua e o soalho da bo As ***glândulas sublinguais*** situam-se anteriormente às glând las submandibulares.

A ***caxumba*** (parotidite)é uma inflamação e aumento das gl dulas parótidas, acompanhada por febre, mal-estar, dor de gargant edema em um ou ambos os lados da face. Em cerca de 20 a 35% d homens após a puberdade, os testículos também podem ficar infla dos e, embora isto raramente ocorra, pode resultar em esterilidade

Composição da Saliva

Quimicamente a ***saliva*** é 99,5% água e 0,5% solutos. Um dele a enzima digestiva salivar amilase, que inicia a digestão do ami

na boca. A água na saliva fornece um meio para dissolver os alimentos, de modo que eles possam ser degustados, e para iniciar as reações digestivas. O muco na saliva lubrifica o alimento, para que ele possa ser facilmente deglutido. A enzima lisozima destrói bactérias para proteger a túnica mucosa de infecção e os dentes de cáries.

Secreção de Saliva

A ***salivação***, a secreção de saliva, está totalmente sob controle nervoso. A estimulação parassimpática dos nervos facial (VII) e glossofaríngeo (IX) promove a secreção contínua de saliva para manter a língua e os lábios úmidos. A estimulação simpática predomina durante o estresse, resultando no ressecamento da boca. Durante a desidratação, as glândulas salivares cessam a secreção para conservar água. O ressecamento resultante da boca contribui para a sensação de sede. Então, beber água não somente umedece a boca mas também restaura a homeostase da água do corpo.

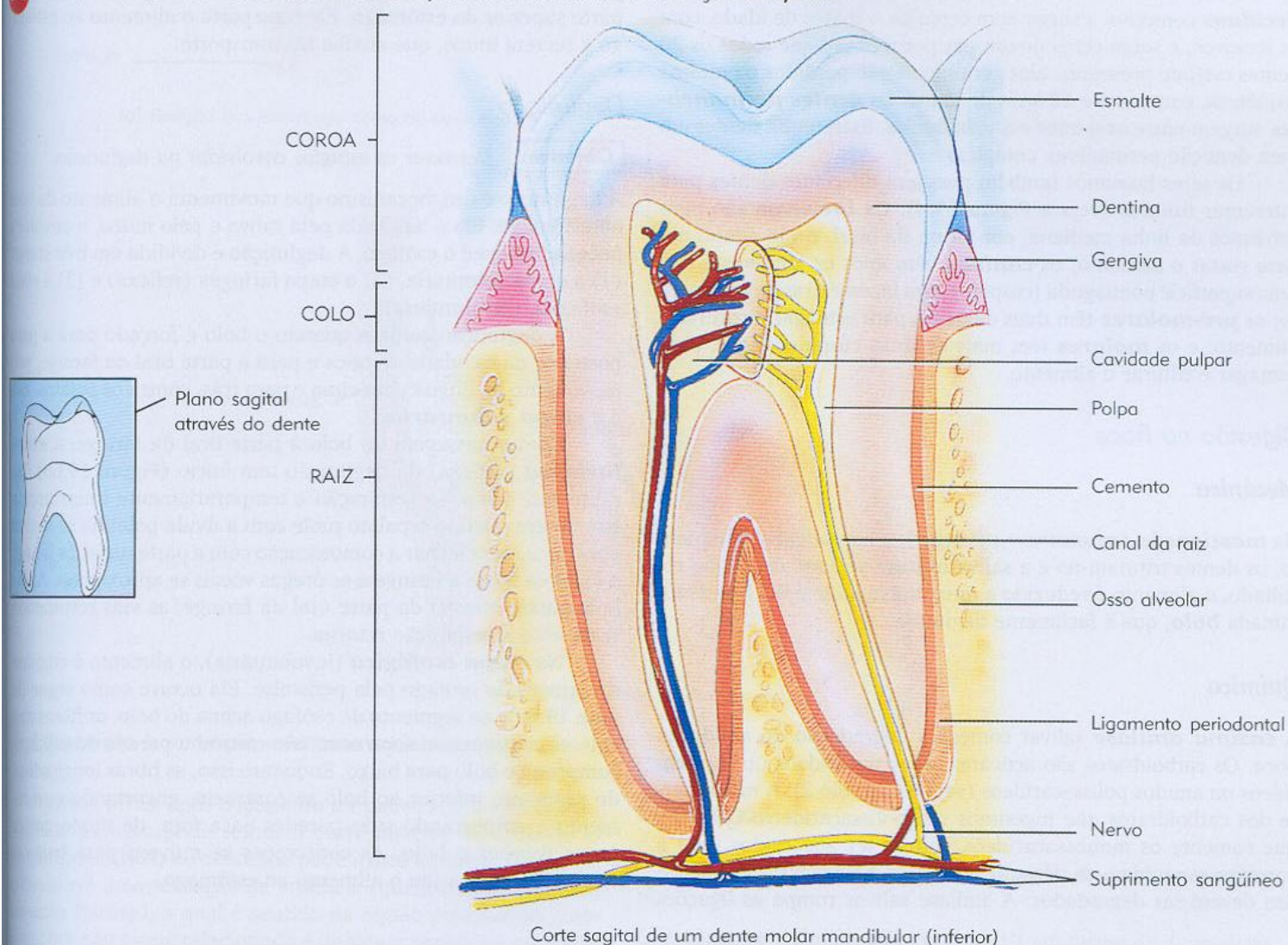
O alimento estimula as glândulas a secretarem intensamente. Sempre que um alimento é degustado, cheirado ou tocado pela língua, ou mesmo quando pensamos nele, os impulsos parassimpáticos aumentam a secreção da saliva. A saliva continua a ser secretada intensamente por algum tempo após o alimento ser deglutido. Este fluxo lava a boca, além de diluir e tamponar os resíduos químicos de quaisquer substâncias irritantes.

Dentes

Os ***dentes*** são estruturas acessórias do sistema digestório, localizadas nos alvéolos ósseos da mandíbula e das maxilas. Os alvéolos são recobertos por ***gengiva*** e revestidos internamente pelo ***ligamento periodontal*** (*peri* = em torno; *odous* = dente), um tecido conjuntivo fibroso denso que ancora os dentes ao osso, mantendo-os em posição, e atua como um absorvente de choques durante a mastigação (Figura 19.5).

Um dente típico tem três partes principais. A ***coroa*** é a porção exposta acima do nível da gengiva. A ***raiz*** consiste de uma a três projeções embutidas no alvéolo. O ***colo do dente*** é a junção entre a coroa e a raiz, próximo à linha da gengiva.

Figura 19.5 Partes de um dente típico.

Existem 20 dentes decíduos e 32 dentes permanentes em uma dentição completa.

Corte sagital de um dente molar mandibular (inferior)

Que tipo de tecido é o principal componente dos dentes?

Os dentes são compostos primariamente de ***dentina***, uma substância semelhante ao osso (tecido conjuntivo calcificado) que dá ao dente sua forma básica e rigidez. A dentina envolve a ***cavidade pulpar***, um espaço na coroa cheio de ***polpa***, um tecido conjuntivo contendo vasos sangüíneos, nervos e vasos linfáticos. As extensões estreitas da cavidade pulpar penetram na raiz do dente, e são denominadas ***canais da raiz***. Cada canal da raiz tem um forame do ápice do dente, através do qual penetram os vasos sangüíneos que trazem a nutrição, os vasos linfáticos para proteção e os nervos fornecendo a sensação. A dentina da coroa é recoberta por ***esmalte***, uma substância semelhante ao osso que consiste primariamente de fosfato de cálcio e carbonato de cálcio densamente aglomerados. O esmalte é a substância mais dura no corpo. Ela protege o dente do desgaste da mastigação e é uma barreira contra os ácidos que dissolvem facilmente a dentina. A dentina da raiz é recoberta por ***cemento***, outra substância similar ao osso que fixa a raiz do dente ao ligamento periodontal.

O ramo da Odontologia que está relacionado à prevenção, ao diagnóstico e ao tratamento das doenças que afetam a polpa, a raiz, o ligamento periodontal e o osso alveolar é conhecido como ***Endodontia*** (*endo* = dentro da). A ***Ortodontia*** (*orto* = reto), em contraste, é um ramo da Odontologia que está relacionado à prevenção e à correção de dentes anormalmente alinhados.

Os seres humanos têm dois conjuntos de dentes. Os ***dentes decíduos*** começam a surgir com cerca de 6 meses de idade, com os incisivos, e surge cerca de um par por mês até que todos os 20 dentes estejam presentes. Eles geralmente são perdidos na mesma seqüência, entre os 6 e 12 anos de idade. Os ***dentes permanentes*** surgem entre os 6 anos e a vida adulta. Existem 32 dentes em uma dentição permanente completa.

Os seres humanos também possuem diferentes dentes para diferentes funções (veja a Figura 19.4). Os ***incisivos*** são mais próximos da linha mediana, em forma de bisel, e são adaptados para cortar o alimento; os ***caninos*** vêm após os incisivos e têm uma superfície pontiaguda (cúspide) para lacerar e rasgar o alimento; os ***pré-molares*** têm duas cúspides para esmagar e triturar o alimento; e os ***molares*** têm mais de duas cúspides cegas, para esmagar e triturar o alimento.

Digestão na Boca

Mecânica

Na ***mastigação*** (*masticare* = mastigar), a língua move o alimento, os dentes tritutam-no e a saliva mistura-se com ele. Como resultado, o alimento é reduzido a uma massa mole e flexível denominada ***bolo***, que é facilmente deglutida.

Química

A ***enzima amilase*** salivar começa a degradação do amido na boca. Os carboidratos são açúcares monossacarídeos ou dissacarídeos ou amidos polissacarídeos (veja o Capítulo 2). A maior parte dos carboidratos que ingerimos são polissacarídeos. Uma vez que somente os monossacarídeos podem ser absorvidos para a corrente sangüínea, os dissacarídeos e os polissacarídeos ingeridos devem ser degradados. A amilase salivar rompe as ligações químicas nos amidos, para reduzir os polissacarídeos de cad longa ao dissacarídeo maltose. O alimento usualmente é deglu do muito rapidamente para que todos os amidos sejam reduzi a dissacarídeos na boca, mas a amilase salivar no alimento deg tido continua a agir no estômago por cerca de mais uma hora a que os ácidos gástricos eventualmente a inativem.

Faringe

A ***faringe*** é um tubo que se estende das coanas ao esôfag parte posterior, e à laringe na parte anterior (veja a Figura 19 A faringe é composta de músculo estriado esquelético e revesti por túnica mucosa. O alimento deglutido passa da boca às par oral e laríngea da faringe antes de passar ao esôfago. As contr ções musculares destas partes da faringe auxiliam a propelir o a mento ao esôfago.

Esôfago

O ***esôfago*** (*oisein* = conduzir; *phagema* = alimento) é um tu muscular que se situa posteriormente à traquéia (veja a Figu 18.2). Ele começa na extremidade da parte laríngea da faring passa através do mediastino, atravessa o diafragma e termina parte superior do estômago. Ele transporta o alimento ao estôm go e secreta muco, que auxilia no transporte.

Deglutição

Objetivo: *Descrever os estágios envolvidos na deglutição.*

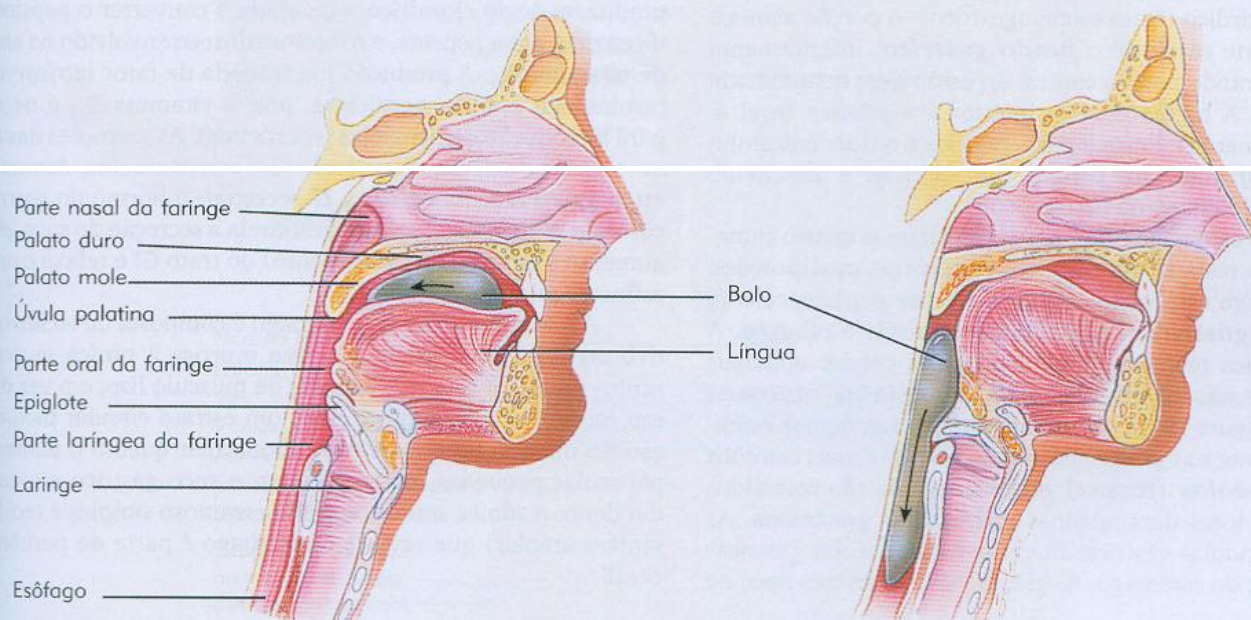
A deglutição é um mecanismo que movimenta o alimento da bo ao estômago. Ela é auxiliada pela saliva e pelo muco, e envolv boca, a faringe e o esôfago. A deglutição é dividida em três etap (1) a etapa voluntária, (2) a etapa faríngea (reflexa) e (3) a etap esofágica (involuntária).

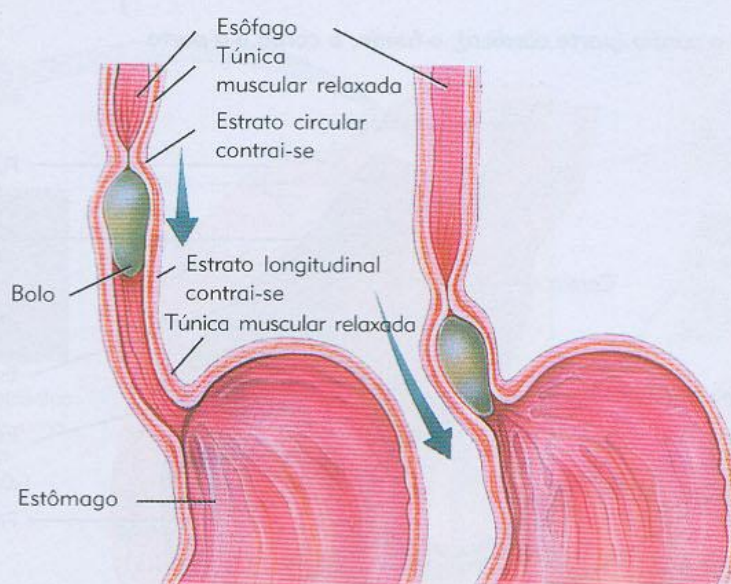
A deglutição começa quando o bolo é forçado para a par posterior da cavidade da boca e para a parte oral da faringe, pe movimento da língua para cima e para trás, contra os palatos. Es é a ***etapa voluntária***.

Com a passagem do bolo à parte oral da faringe, a ***etapa faríngea*** (reflexa) da deglutição tem início (Figura 19.6b). Du rante esse tempo, a respiração é temporariamente interrompi Isto ocorre quando o palato mole com a úvula palatina se move para cima, para fechar a comunicação com a parte nasal da faring a epiglote fecha a laringe e as pregas vocais se aproximam. Apó bolo passar através da parte oral da faringe, as vias respiratór reabrem e a respiração retorna.

Na ***etapa esofágica*** (involuntária), o alimento é empur do através do esôfago pela peristalse. Ela ocorre como segue (Fi gura 19.6c): no segmento de esôfago acima do bolo, as fibras mu culares circulares se contraem. Isto contrai a parede do esôfag comprime o bolo para baixo. Enquanto isso, as fibras longitudin do segmento inferior ao bolo se contraem, encurtando este se mento e empurrando suas paredes para fora, de modo que possa receber o bolo. As contrações se movem para baixo n esôfago, empurrando o alimento ao estômago.

Figura 19.6 Deglutição. Durante a etapa faríngea da deglutição, a língua se mantém contra o palato, a parte nasal da faringe é fechada, a laringe sobe, a epiglote fecha a laringe e o bolo é conduzido ao esôfago.

A deglutição é um mecanismo que move o alimento da boca ao estômago.

(a) Posição das estruturas antes da deglutição

(b) Durante a etapa faríngea da deglutição

(c) Etapa esofágica da deglutição

A deglutição é uma ação voluntária ou involuntária?

Algumas vezes, após o alimento ter penetrado no estômago, o conteúdo gástrico pode refluir à parte inferior do esôfago. O ácido clorídrico (HCl) do conteúdo pode irritar a parede esofágica, resultando em uma sensação de ardência (queimação) conhecida como ***azia*** (pirose), a qual é sentida na região próxima ao coração, embora não esteja relacionada a qualquer problema cardíaco. A pirose pode ser tratada ingerindo-se antiácidos que neutralizam o ácido clorídrico e diminuem o desconforto.

Estômago

Objetivo: *Explicar a estrutura e as funções do estômago na digestão.*

O ***estômago*** é uma região do trato GI em forma de J, imediatamente abaixo do músculo diafragma. A porção superior do estô-

mago está conectada ao esôfago. A porção inferior esvazia-se no duodeno, a primeira parte do intestino delgado.

Anatomia

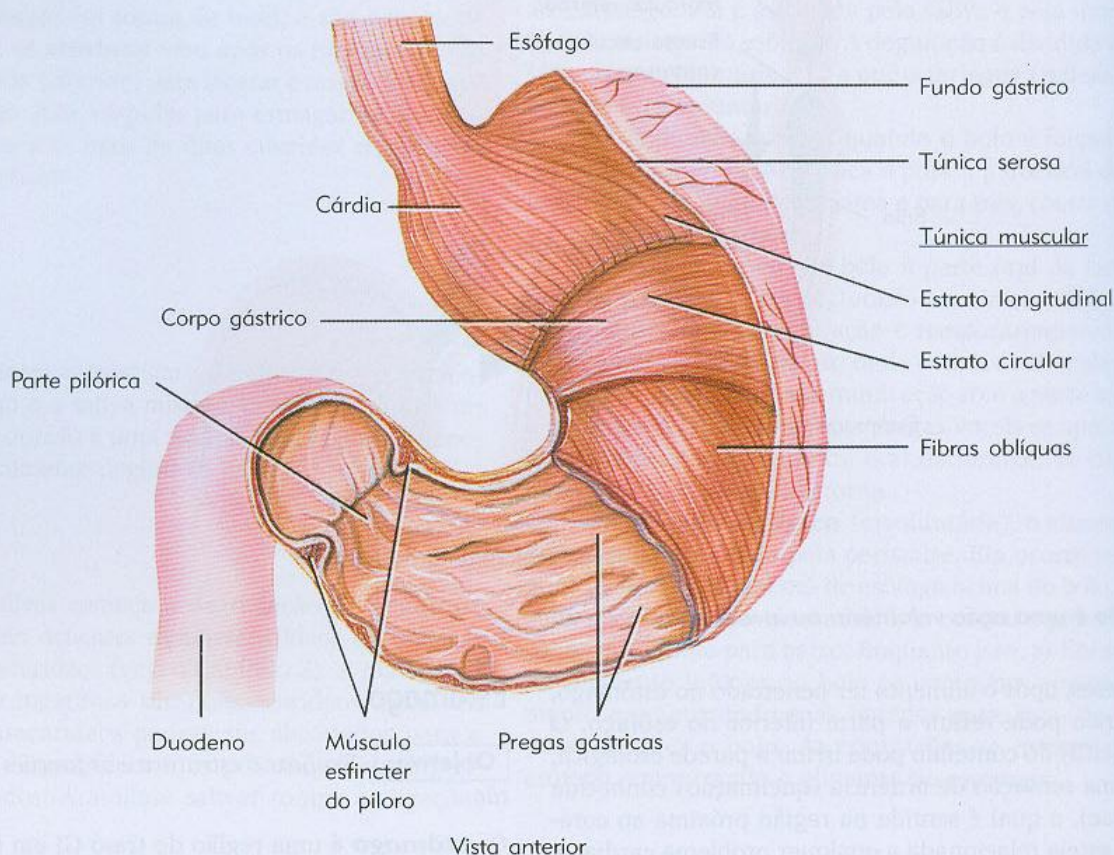
O estômago é dividido em quatro áreas (regiões) principais: cárdia, fundo, corpo e pilórica (Figura 19.7). O ***cárdia*** (parte cárdica) circunda o óstio cárdico (óstio esofagogástrico). A porção acima e à esquerda da parte cárdica é o ***fundo gástrico***. Inferiormente ao fundo está a grande porção central do estômago, denominada ***corpo gástrico***. A região estreita inferior é a pilórica (*pyel* = portão; *ouros* = guarda). Entre a parte pilórica e o duodeno situa-se o ***músculo esfincter do piloro*** (um esfincter é um círculo espesso de músculo em torno de um óstio).

A parede do estômago é composta das mesmas quatro camadas básicas que o restante do trato GI, com certas modificações. Quando o estômago está vazio, a túnica mucosa permanece com grandes ***pregas gástricas***, que podem ser vistas a olho nu. A superfície da túnica mucosa é uma camada de células epiteliais colunares simples não-ciliadas, denominadas ***células mucosas de superfície*** (Figura 19.8). As células epiteliais também se estendem profundamente nas pregas, formando muitos canais estreitos denominados ***fovéolas (fossas) gástricas***, que são revestidos com células secretoras denominadas ***glândulas gástricas***. As secreções das glândulas gástricas fluem para as fovéolas gástricas e então para a luz do estômago. As glândulas contêm três tipos de células exócrinas que secretam seus produtos no estômago: célu mucosas do colo, células principais (zimogênicas) e células parie (oxínticas). Além disso, as glândulas gástricas incluem um tipo d células produtoras de hormônios (células G).

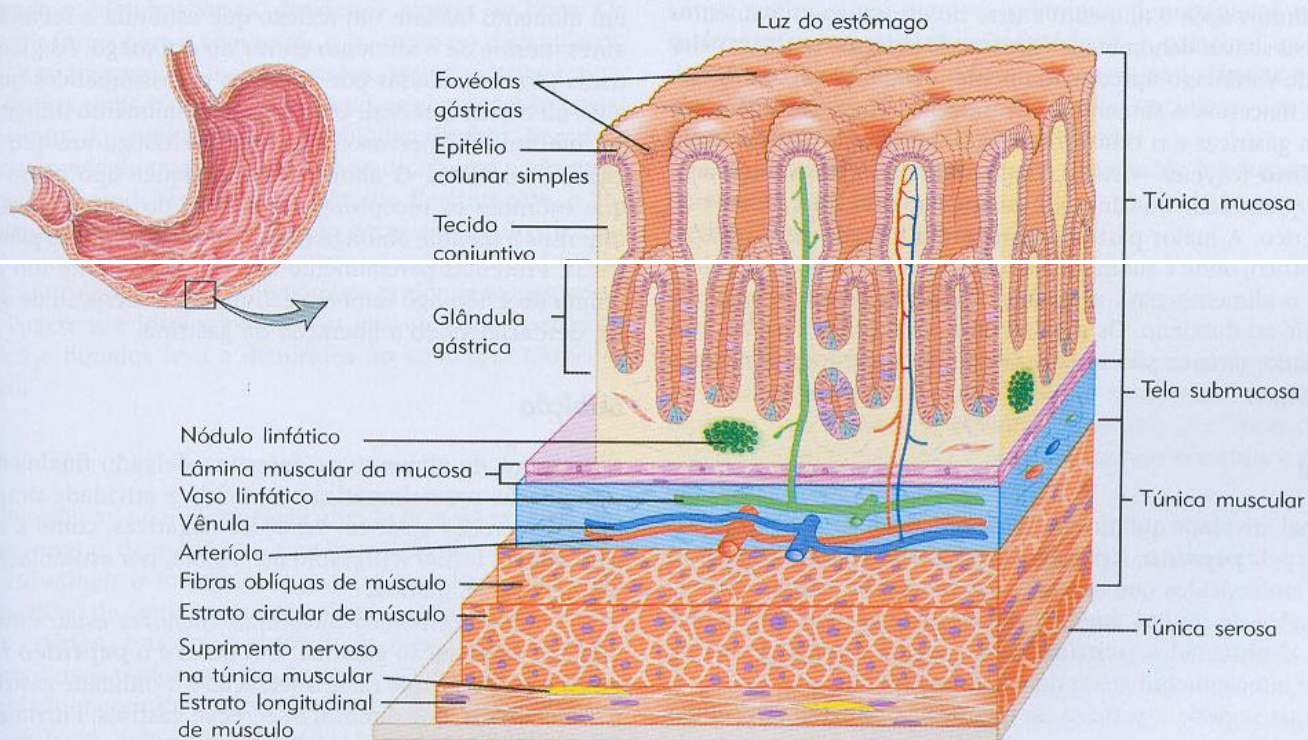
As células mucosas de superfície e as ***células mucosas d colo*** secretam muco. As ***células principais*** secretam uma enzi gástrica inativa denominada ***pepsinogênio***. As ***células parietai*** produzem ácido clorídrico, que ajuda a converter o pepsinogê na enzima ativa pepsina, e o fator intrínseco envolvido na absorç de vitamina B_{12}. A produção inadequada de fator intrínseco p resultar em anemia perniciosa, pois a vitamina B_{12} é necessá para a produção de hemácias (eritrócitos). As secreções das célu mucosas, principais e parietais são coletivamente denominad ***suco gástrico***. As ***células G*** secretam o hormônio gastrina n corrente sangüínea. A gastrina estimula a secreção do suco gástri aumenta a motilidade (movimento) do trato GI e relaxa o músc esfincter pilórico.

A tela submucosa do estômago é composta de tecido conj tivo areolar, que conecta a túnica mucosa à túnica muscular. túnica muscular tem três estratos de músculo liso, em vez de d um estrato longitudinal externo, um estrato circular médio e u estrato oblíquo interno. A túnica muscular quebra o alimento e partículas pequenas, mistura-o com o suco gástrico e o envia duodeno. A túnica serosa (epitélio escamoso simples e tecido co juntivo areolar) que reveste o estômago é parte do peritônio v ceral.

Figura 19.7 Anatomias externa e interna do estômago.

As quatro partes do estômago são o cárdia (parte cárdica), o fundo, o corpo e a parte pilórica.

P ***Após uma refeição muito grande, seu estômago tem pregas?***

ura 19.8 Histologia do estômago.

As secreções das células mucosas, principais e parietais são referidas como suco gástrico.

(a) Vista tridimensional das camadas do estômago

Fovéola gástrica

Células mucosas de superfície

Fovéola gástrica

Micrografia eletrônica de varredura de uma fovéola gástrica (cerca de 1.000x)

Epitélio colunar simples

Tecido conjuntivo

Glândula gástrica

Lâmina muscular da mucosa

Tela submucosa

Célula mucosa de superfície (secreta muco)

Célula mucosa do colo (secreta muco)

Célula parietal (secreta ácido clorídrico e fator intrínseco)

Célula principal (secreta pepsinogênio)

Célula G produtora de hormônio (secreta gastrina)

(b) Vista de secção da túnica mucosa do estômago, mostrando glândulas gástricas

Quais as funções da gastrina?

Digestão no Estômago

Mecânica

Vários minutos após o alimento entrar no estômago, movimentos peristálticos suaves denominados ***ondas de mistura*** passam pelas paredes do estômago aproximadamente a cada 20 segundos. Estas ondas maceram o alimento, misturam-no com as secreções das glândulas gástricas e o transformam em um líquido fino denominado ***quimo*** (*chymos* = suco). Cada onda de mistura força uma pequena quantidade do conteúdo gástrico ao duodeno, através do óstio pilórico. A maior parte do alimento é forçada para trás, ao corpo gástrico, onde é submetida a mais misturas. A onda seguinte empurra o alimento para a frente novamente, e força mais um pouco dele ao duodeno. Os movimentos para a frente e para trás do conteúdo gástrico são responsáveis por quase toda a mistura no estômago.

Química

A principal atividade química do estômago é iniciar a digestão das proteínas pela ***pepsina***. A pepsina rompe certas ligações peptídicas entre os aminoácidos que compõem as proteínas. Assim, uma cadeia proteica de muitos aminoácidos é quebrada em fragmentos menores denominados ***peptídeos***. A pepsina é mais efetiva no ambiente intensamente ácido do estômago (pH 2).

O que impede a pepsina de digerir as proteínas das células do estômago junto com o alimento? Primeiro, a pepsina é secretada em forma inativa (pepsinogênio), de modo que ela não pode digerir as proteínas nas células principais que a produzem. Ela não é convertida em pepsina ativa até entrar em contato com o ácido clorídrico secretado pelas células parietais. Segundo, as células do estômago são protegidas pelo muco secretado pelas células mucosas. O muco reveste a túnica mucosa para formar uma barreira entre ela e o suco gástrico.

Regulação da Secreção Gástrica

Estimulação

A secreção de suco gástrico e a contração do músculo liso na parede do estômago são reguladas por mecanismos nervosos e hormonais. Os impulsos parassimpáticos da medula oblonga (bulb são transmitidos através do nervo vago (X). Os impulsos pro vem a peristalse e estimulam as glândulas gástricas a secretar A visão, o olfato, o gosto (paladar) ou o pensamento referente um alimento iniciam um reflexo que estimula a secreção gást antes mesmo de o alimento entrar no estômago. As glândulas g tricas são estimuladas por impulsos parassimpáticos que se orig nam no córtex cerebral. Uma vez que o alimento atinge o estôm go, mecanismos nervosos e hormonais asseguram que a secre gástrica continue. O alimento de qualquer tipo causa disten que estimula os receptores na parede do estômago a envi impulsos à medula oblonga (bulbo) e novamente às glândulas g tricas. Proteínas parcialmente digeridas, cafeína e um pH alto quimo do estômago também estimulam a secreção de suco gást co, desencadeando a liberação da gastrina.

Inibição

A presença de alimento no intestino delgado finalmente inib estimulação parassimpática e estimula a atividade simpática, inibe a secreção gástrica. Emoções negativas, como a raiva, t bém podem tornar a digestão mais lenta, por estimulação do si ma nervoso simpático.

Vários hormônios intestinais menores estão envolvidos inibição da secreção gástrica. Um deles é o ***peptídeo inibitór gástrico (PIG)***, que inibe a secreção e motilidade gástricas. Ou é a ***secretina***, que diminui a secreção gástrica. Finalmente, a ***colecistoquinina*** ou CCQ (Quadro 19.1), que inibe o esvazi mento gástrico.

Regulação do Esvaziamento Gástrico

O ***esvaziamento gástrico*** é a liberação do quimo do estôm no duodeno. O estômago esvazia todo o seu conteúdo no duod em 2 a 6 horas após a ingestão. Os alimentos ricos em carboidr passam menos tempo no estômago. Os alimentos proteicos são pouco mais lentos, e o esvaziamento é mais demorado após u refeição contendo grandes quantidades de triglicerídeos (gord ras).

O esvaziamento do estômago é regulado por controles ne voso e hormonal. A presença de quimo no duodeno desencad um reflexo que torna o esvaziamento gástrico mais lento. Ele t

Quadro 19.1 Controle Hormonal da Secreção Gástrica, da Secreção Pancreática e da Secreção e Liberação da Bile

HORMÔNIO	ONDE É PRODUZIDO	ESTIMULANTE	AÇÃO
Gastrina	Túnica mucosa da parte pilórica	Distensão do estômago, proteínas parcialmente digeridas e cafeína no estômago, e pH alto do quimo gástrico	Estimula a secreção de suco gástrico, aumenta o movimento do trato GI e relaxa o músculo esfíncter pilórico e a valva ileocecal
Peptídeo inibitório gástrico (PIG)	Túnica mucosa intestinal	Ácidos graxos e glicose no intestino delgado	Estimula a liberação de insulina pelo pâncreas, inibe a secreção gástrica e torna o esvaziamento gástrico mais lento
Secretina	Túnica mucosa intestinal	Quimo ácido que entra no intestino delgado	Inibe a secreção de suco gástrico e estimula a secreção de suco pancreático rico em íons bicarbonato
Colecistoquinina (CCQ)	Túnica mucosa intestinal	Proteínas parcialmente digeridas (aminoácidos) e triglicerídeos (ácidos graxos)	Inibe o esvaziamento gástrico, estimula a secreção de suco pancreático rico em enzimas digestivas, produz a ejeção da bile pela vesícula biliar e ind uma sensação de saciedade (satisfação).

bém é inibido pela colecistoquinina. Estes controles mantêm a velocidade de esvaziamento gástrico, de modo que o intestino possa exercer sua digestão final do quimo.

Vômito é a expulsão forçada do conteúdo do trato GI superior (estômago e, algumas vezes, duodeno) através da boca. Os estímulos mais fortes para o vômito são a irritação e a distensão do estômago. Outros estímulos incluem visões desagradáveis, tontura e certas drogas como a morfina. Os impulsos nervosos são transmitidos ao centro do vômito na medula oblonga (bulbo). Impulsos nervosos aos órgãos do trato GI superior, ao diafragma e aos músculos abdominais produzem o ato do vômito. Basicamente, o vômito envolve a compressão do estômago entre o músculo diafragma e os músculos abdominais e a expulsão do conteúdo pelo esôfago, pela faringe e pela boca. Os vômitos prolongados, especialmente em lactentes e idosos, podem ser graves, pois a perda de suco gástrico e líquidos leva a distúrbios no equilíbrio hídrico e ácido-básico.

Absorção

A parede do estômago é impermeável à passagem da maioria dos materiais ao sangue, de modo que a maioria das substâncias não é absorvida até atingir o intestino delgado. Contudo, o estômago absorve um pouco de água, alguns eletrólitos, certas drogas (especialmente a aspirina) e álcool. A absorção de álcool pelo estômago das mulheres é mais rápida que nos homens. A diferença é atribuída à quantidade menor da enzima álcool desidrogenase no estômago das mulheres. A enzima degrada o álcool no estômago, reduzindo a quantidade de álcool que entra no sangue.

Após o estômago, o órgão seguinte do trato GI envolvido na degradação do alimento é o intestino delgado. A digestão química no intestino delgado depende não somente de suas próprias secreções mas também da atividade de três estruturas acessórias: o pâncreas, o fígado e a vesícula biliar.

Pâncreas

Objetivo: *Descrever a estrutura do pâncreas, do fígado e da vesícula biliar e explicar suas funções na digestão.*

Anatomia

O **pâncreas** (*pan* = todo; *kreas* = carne) situa-se posteriormente ao estômago (Figura 19.9). As secreções passam do pâncreas ao duodeno pelo **ducto pancreático**, que se une ao ducto colédoco que traz a bile do fígado e vesícula biliar, penetrando no duodeno como um ducto único (ampola hepatopancreática).

O pâncreas é composto de dois tipos de células. Pequenos grupos de células epiteliais glandulares, as **ilhotas pancreáticas (ilhotas de Langerhans)**, constituem a porção endócrina do pâncreas, que produz os hormônios glucagon e insulina (veja a Figura 13.17b). Os **ácinos** são glândulas exócrinas que secretam uma mistura de enzimas digestivas denominadas **suco pancreático** (veja a Figura 13.17b).

Suco Pancreático

O **suco pancreático** é um líquido claro, incolor, que consiste principalmente de água, alguns sais, bicarbonato de sódio e enzimas. O bicarbonato de sódio dá ao suco pancreático um pH levemente alcalino (7,1 a 8,2) que interrompe a ação da pepsina do estômago e cria o ambiente correto para as enzimas no intestino delgado. As enzimas no suco pancreático incluem uma enzima que digere os carboidratos, denominada **amilase pancreática**; várias enzimas que digerem proteínas, denominadas **tripsina**, **quimotripsina** e **carboxipeptidase**; a principal enzima que digere os triglicerídeos em adultos, denominada **lipase pancreática**; e enzimas que digerem os ácidos nucleicos, denominadas **ribonuclease** e **desoxirribonuclease**.

As enzimas que digerem as proteínas são produzidas em forma inativa para impedi-las de digerir o próprio pâncreas. A forma inativa é ativada no intestino delgado.

Regulação das Secreções Pancreáticas

A secreção pancreática, assim como a secreção gástrica, também é regulada por mecanismos nervosos e hormonais. A secreção de enzimas pancreáticas também é estimulada por fibras parassimpáticas do nervo vago (X) e pelos hormônios secretina e colecistoquinina (veja o Quadro 19.1).

Fígado

O fígado é a glândula mais pesada do corpo, pesando cerca de 1,4 kg no adulto médio. Ele está localizado inferiormente ao músculo diafragma, principalmente no lado direito do corpo. Ele é revestido por uma cápsula de tecido conjuntivo que, por sua vez, é revestida de peritônio, a túnica serosa que reveste a maioria das vísceras.

Anatomia

O fígado é dividido pelo ligamento falciforme em dois lobos principais: o **lobo direito** e o **lobo esquerdo** (Figura 19.9).

Os lobos são compostos de unidades funcionais denominadas **lóbulos** (Figura 19.10). Um lóbulo consiste de fileiras de **hepatócitos** (*hepato* = fígado) dispostas radialmente em torno de uma **veia central**. Os hepatócitos produzem bile, cuja função será descrita a seguir. Entre as fileiras de hepatócitos, há capilares grandes denominados **sinusóides**, através dos quais o sangue passa. Os sinusóides são parcialmente revestidos de **células reticuloendoteliais estreladas** fagocíticas **(de Kupffer)**, que destroem os leucócitos e eritrócitos (hemácias) velhos, bactérias e substâncias tóxicas.

A bile produzida pelos hepatócitos entra nos **ductos hepáticos direito** e **esquerdo**, que se unem para deixar o fígado como o **ducto hepático comum** (veja a Figura 19.9). O ducto hepático comum então se une ao **ducto cístico** da vesícula biliar e os dois formam o **ducto colédoco**. Este freqüentemente se une ao ducto pancreático, constituindo a ampola hepatopancreática que se abre no duodeno.

Suprimento Sangüíneo

O fígado recebe sangue de duas fontes. Da artéria hepática própria ele obtém sangue arterial e da veia porta do fígado (veja a Figura 16.11) ele recebe sangue venoso contendo nutrientes recém-absorvidos. Ramos de ambas (artéria hepática própria e veia porta) conduzem o sangue aos sinusóides dos lóbulos do fígado, onde o oxigênio, a maioria dos nutrientes e das toxinas é extraída pelos hepatócitos. As células reticuloendoteliais (de Kupffer) re-

Figura 19.9 Relação do pâncreas com o fígado, a vesícula biliar e o duodeno. O destaque mostra detalhes do ducto colédoco e do ducto pancreático, formando o ducto comum (ampola hepatopancreática) que se abre no duodeno.

Um lóbulo consiste de hepatócitos dispostos em torno de uma veia central.

Ligamento falciforme
Lobo direito do fígado
Ducto hepático direito
Ducto hepático esquerdo
Lobo esquerdo do fígado
Túnica mucosa do duodeno
Ampola hepatopancreática
Ducto colédoco
Ducto pancreático (de Wirsung)
Ducto cístico
Ducto hepático comum
Ducto colédoco
Pâncreas
Vesícula biliar
Duodeno
Ducto pancreático
Músculo esfíncter da ampola hepatopancreática
Ampola hepatopancreática (ducto comum ao duodeno)
Jejuno
Vista anterior

P ***Que tipo de líquido você encontraria no ducto pancreático? No ducto colédoco? Na ampola hepatopancreática?***

movem os micróbios e a matéria estranha ou morta do sangue. Os nutrientes são armazenados ou usados para fazer novos materiais. As toxinas são armazenadas ou há desintoxicação. Os produtos manufaturados pelas células hepáticas e os nutrientes necessários para outras células são secretados novamente no sangue. O sangue então os drena à veia central, à veia hepática, à veia cava inferior e finalmente ao coração.

Bile

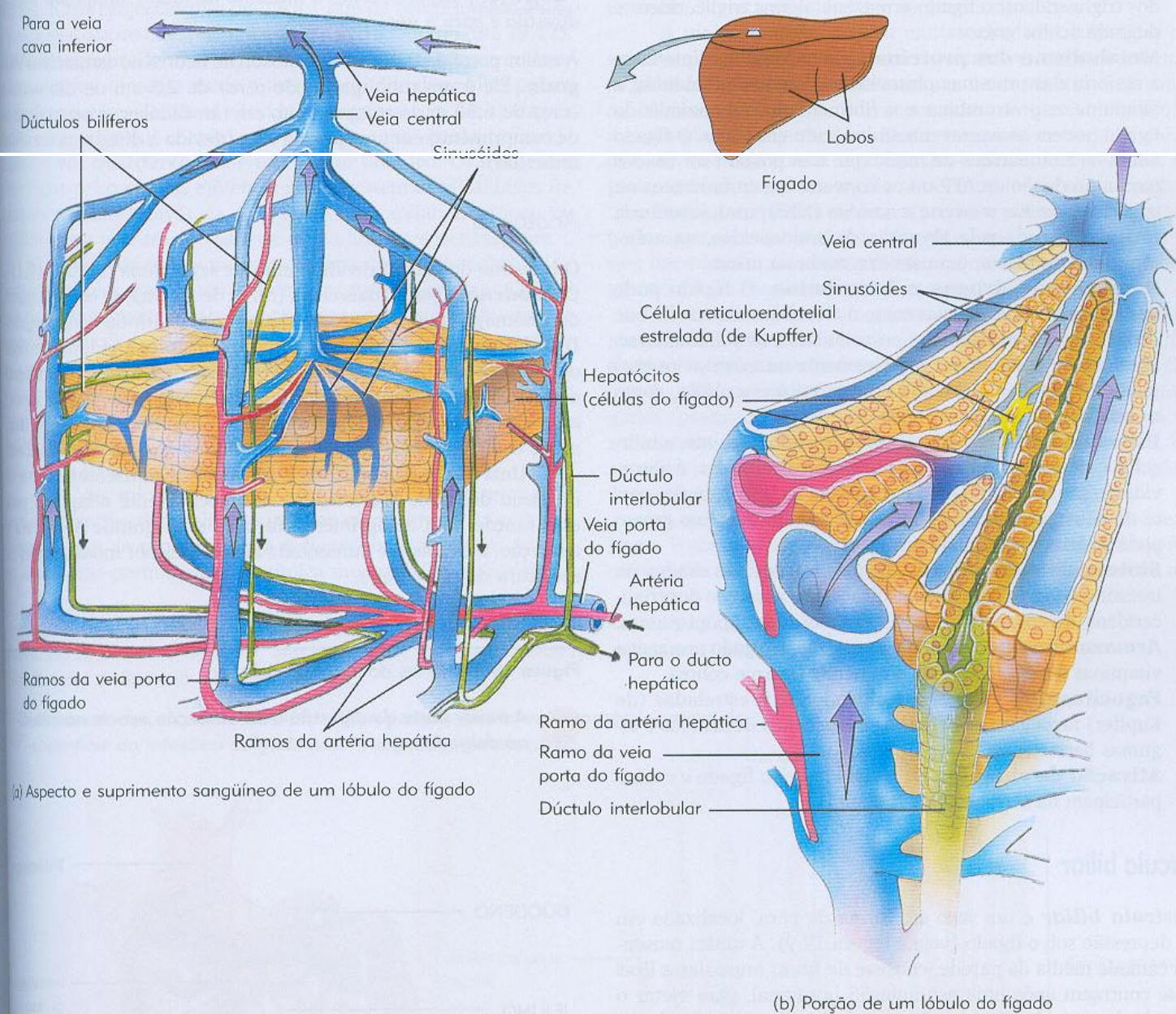
Os hepatócitos secretam ***bile***, um líquido amarelado, marrom ou verde-oliva. Ela tem um pH de 7,6 a 8,6. A bile consiste principalmente de água e sais biliares, colesterol, um fosfolipídio denominado lecitina, pigmentos biliares e vários íons. Ela é produzida no fígado mas armazenada na vesícula biliar.

A bile é parcialmente um produto de excreção e parcialmente uma secreção digestiva. Os sais biliares auxiliam na ***emulsificação***, a conversão de glóbulos de triglicerídeos (gordura) em uma suspensão de gotículas de triglicerídeos, e na absorção de triglicerídeos após sua digestão. As minúsculas gotículas de triglicerídeos apresentam uma superfície muito grande para a ação da lipase pancreática e intestinal, para digeri-las rapidamente. O principal pigmento biliar é a ***bilirrubina***. Quando as hemácias velhas são degradadas, o ferro, a globina e a bilirrubina (derivada do heme) são liberados. O ferro e a globina são reciclados, mas parte

Figura 19.10 Histologia do fígado.

As enzimas pancreáticas estão envolvidas na digestão dos amidos (polissacarídeos), das proteínas, dos triglicerídeos e dos ácidos nucleicos.

(a) Aspecto e suprimento sangüíneo de um lóbulo do fígado

(b) Porção de um lóbulo do fígado

A partir da veia porta do fígado, qual o percurso do fluxo sangüíneo através do fígado?

bilirrubina é excretada na bile. A bilirrubina eventualmente é quebrada no intestino, e um de seus produtos de degradação (estercobilina) dá às fezes sua cor normal (veja a Figura 14.4).

Regulação da Secreção da Bile

A velocidade em que a bile é secretada é determinada por fatores nervosos e hormonais. A estimulação parassimpática por meio do nervo vago (X) aumenta a produção de bile. A secretina também estimula a secreção de bile (veja o Quadro 19.1). A colecistoquinina causa a ejeção da bile da vesícula biliar.

Funções do Fígado

Muitas das funções vitais do fígado estão relacionadas ao metabolismo, e são discutidas no Capítulo 20. Resumidamente, contudo, as principais funções incluem:

1. **Metabolismo dos carboidratos**. No metabolismo dos carboidratos, o fígado é especialmente importante para manter um nível normal de glicose no sangue. Por exemplo, o fígado pode converter a glicose em glicogênio quando o nível de açúcar no sangue está alto, e degradar o glicogênio a glicose quando o nível de açúcar no sangue está baixo. O

fígado também pode converter certos aminoácidos e ácido láctico em glicose quando o nível de açúcar no sangue é baixo; converter outros açúcares, como a frutose e a galactose, em glicose; e converter a glicose em triglicerídeos para armazenamento.

2. **Metabolismo dos lipídios.** Em relação ao metabolismo dos triglicerídeos, o fígado armazena alguns triglicerídeos e degrada ácidos graxos.
3. **Metabolismo das proteínas.** Os hepatócitos sintetizam a maioria das proteínas plasmáticas, como as globulinas, a albumina, a protrombina e o fibrinogênio. As enzimas do fígado podem converter um aminoácido em outro. O fígado altera os aminoácidos de modo que eles possam ser usados para a produção de ATP ou os converte em carboidratos ou triglicerídeos. Ele converte a amônia (NH^3), uma substância tóxica produzida pela alteração de aminoácidos, na uréia, muito menos tóxica, para ser excretada na urina.
4. **Remoção de drogas e hormônios.** O fígado pode desintoxicar as substâncias como o álcool ou excretar na bile drogas como a penicilina, a eritromicina e as sulfonamidas. Ele também pode alterar quimicamente ou excretar os hormônios da glândula tireóide e hormônios esteróides, como os estrógenos e a aldosterona.
5. **Excreção da bile.** Como observado anteriormente, a bilirrubina, derivada do heme das hemácias destruídas, é absorvida do sangue pelo fígado e secretada na bile. A maior parte da bilirrubina na bile é metabolizada no intestino grosso por bactérias e eliminada nas fezes.
6. **Síntese de sais biliares.** Os sais biliares são usados no intestino delgado para a emulsificação e a absorção dos triglicerídeos, do colesterol, dos fosfolipídios e das lipoproteínas.
7. **Armazenamento.** Além do glicogênio, o fígado armazena vitaminas (A, B_{12}, D, E e K) e minerais (ferro e cobre).
8. **Fagocitose.** As células reticuloendoteliais estreladas (de Kupffer) fagocitam as hemácias e leucócitos destruídos e algumas bactérias.
9. **Ativação da vitamina D.** A cútis (pele),o fígado e os rins participam na ativação da vitamina D.

Vesícula biliar

A ***vesícula biliar*** é um saco em forma de pêra, localizada em uma depressão sob o fígado (veja a Figura 19.9). A túnica muscular, a camada média da parede, consiste de fibras musculares lisas que se contraem após uma estimulação hormonal, para ejetar o conteúdo da vesícula biliar no ***ducto cístico*** (*kystis* = bexiga).

Funções

A vesícula biliar concentra e armazena bile até que ela seja necessária no intestino delgado. A bile penetra no intestino delgado através do ducto colédoco. Quando o intestino delgado está vazio, um esfincter em torno da ampola hepatopancreática se fecha, e a bile retorna ao ducto cístico e vesícula biliar para armazenamento.

Esvaziamento da Vesícula Biliar

Quando os triglicerídeos penetram no intestino delgado, a colecistoquinina é liberada para estimular a contração da túnica muscular da vesícula biliar. A bile então é esvaziada no ducto colédo para fluir no intestino delgado (veja o Quadro 19.1).

Intestino Delgado

Objetivo: *Explicar como o intestino delgado é adaptado para digestão e para a absorção.*

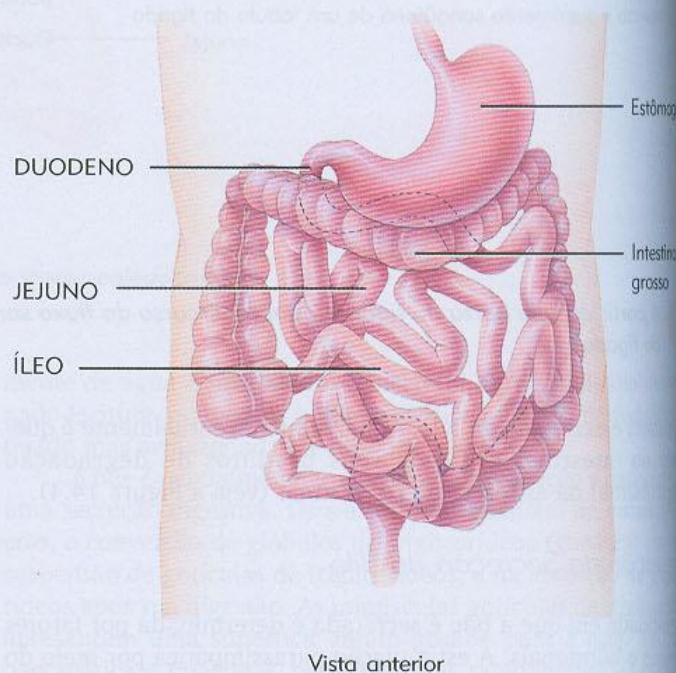
A maior parte da digestão e da absorção ocorre no ***intestino delgado***. Ele é um tubo que mede cerca de 2,5 cm de diâmetro, cerca de 6,50 m de comprimento em um cadáver, e cerca de 3 de comprimento em uma pessoa viva (devido à diferença no tônus muscular).

Anatomia

O intestino delgado é dividido em três segmentos (Figura 19.11). O ***duodeno***, a parte mais curta (cerca de 25 cm), se origina pilor do estômago (piloro gastroduodenal) e se continua com o jejuno. ***Duodeno*** significa "doze"; a estrutura tem aproximadamente do dedos de comprimento. O ***jejuno*** tem cerca de 1 m de comprimento e estende-se até o íleo. ***Jejuno*** significa "vazio" pois, após a morte, ele é encontrado vazio. A porção final do intestino delgado, o íleo, mede cerca de 2 m e une-se ao intestino grosso na ***papila ileal***.

Uma vez que quase toda a absorção de nutrientes ocorre no intestino delgado, sua estrutura é especialmente adaptada para esta função. Seu comprimento fornece uma grande área para absorção, e esta área é aumentada ainda mais por modificações na estrutura de sua parede.

Figura 19.11 Partes do intestino delgado.

 A maior parte da digestão e da absorção ocorre no intestino delgado.

 Que parte do intestino delgado é a mais longa?

A parede do intestino delgado é composta das mesmas quatro camadas que compõem a maior parte do trato gastrintestinal. Contudo, características especiais da túnica mucosa e da tela submucosa permitem ao intestino delgado completar os processos de digestão e absorção (Figura 19.12). A túnica mucosa forma uma série de **vilosidades** em forma de dedos (*villus* = tufo de cabelo). Estas projeções têm de 0,5 a 1 mm de comprimento e dão à túnica mucosa do intestino um aspecto aveludado (Figura 19.12). O grande número de vilosidades intestinais (20 a 40 por milímetro quadrado) aumenta muito a área de epitélio disponível para a absorção e a digestão. Cada vilosidade intestinal tem um centro de tecido conjuntivo que contém uma arteríola, uma vênula, uma rede capilar e um **quilífero**, que é um capilar linfático. Os nutrientes absorvidos pelas células epiteliais que revestem as vilosidades intestinais passam através da parede de um capilar sangüíneo ou quilífero para penetrar no sangue ou na linfa, respectivamente.

O epitélio da túnica mucosa consiste de epitélio colunar (cilíndrico) simples que contém células absorventes, células caliciformes (secretam muco), células granulares basais (produtoras de hormônios) e células de Paneth. A membrana das células absorventes apresenta **microvilosidades**, projeções citoplasmáticas microscópicas que aumentam acentuadamente a área e permitem que quantidades maiores de nutrientes sejam digeridas e absorvidas. Estima-se que 1 milímetro quadrado de intestino delgado contenha cerca de 200 milhões de microvilosidades.

Além das microvilosidades e vilosidades, um terceiro conjunto de projeções denominadas **pregas circulares** aumenta ainda mais a área de superfície para a digestão e a absorção. As pregas são dobras permanentes na túnica mucosa. Elas aumentam a absorção fazendo o quimo mover-se em espiral, em vez de se mover em linha reta, à medida que passa através do intestino delgado. As pregas circulares e as vilosidades intestinais diminuem de tamanho no íleo, de modo que a maior parte da absorção ocorre no duodeno e no jejuno. A área de superfície absortiva do intestino delgado aumenta cerca de 600 vezes devido às vilosidades intestinais, às microvilosidades e às pregas circulares.

A túnica mucosa contém muitas cavidades revestidas com epitélio glandular. As células que revestem as cavidades formam as **glândulas intestinais** e secretam o suco entérico (intestinal). As **células de Paneth** são encontradas nas partes mais profundas das glândulas intestinais. Elas secretam lisozima, uma enzima que mata as bactérias e também são capazes de fagocitose. Elas podem ter um papel em regular a população microbiana no intestino. As células granulares basais (produtoras de hormônios), também na parte mais profunda das glândulas intestinais, secretam três hormônios: secretina, colecistoquinina e peptídeo inibitório gástrico. Suas funções são descritas no Quadro 19.1.

O tecido conjuntivo da mucosa do intestino delgado tem uma abundância de tecido linfático (linfóide) associado à mesma. **Nódulos linfáticos solitários** são mais numerosos no íleo. Grupos de nódulos linfáticos, referidos como nódulos linfáticos agregados (placas de Peyer), também são numerosos no íleo. A tela submucosa do duodeno contém **glândulas duodenais**. Elas secretam um muco alcalino que ajuda a neutralizar o ácido gástrico no quimo.

A túnica muscular do intestino delgado consiste de dois estratos (camadas) de músculo liso. O estrato externo, mais fino, contém fibras dispostas longitudinalmente. O estrato interno, mais

Figura 19.12 Intestino delgado. São mostradas várias estruturas que adaptam o intestino delgado para a digestão e a absorção.

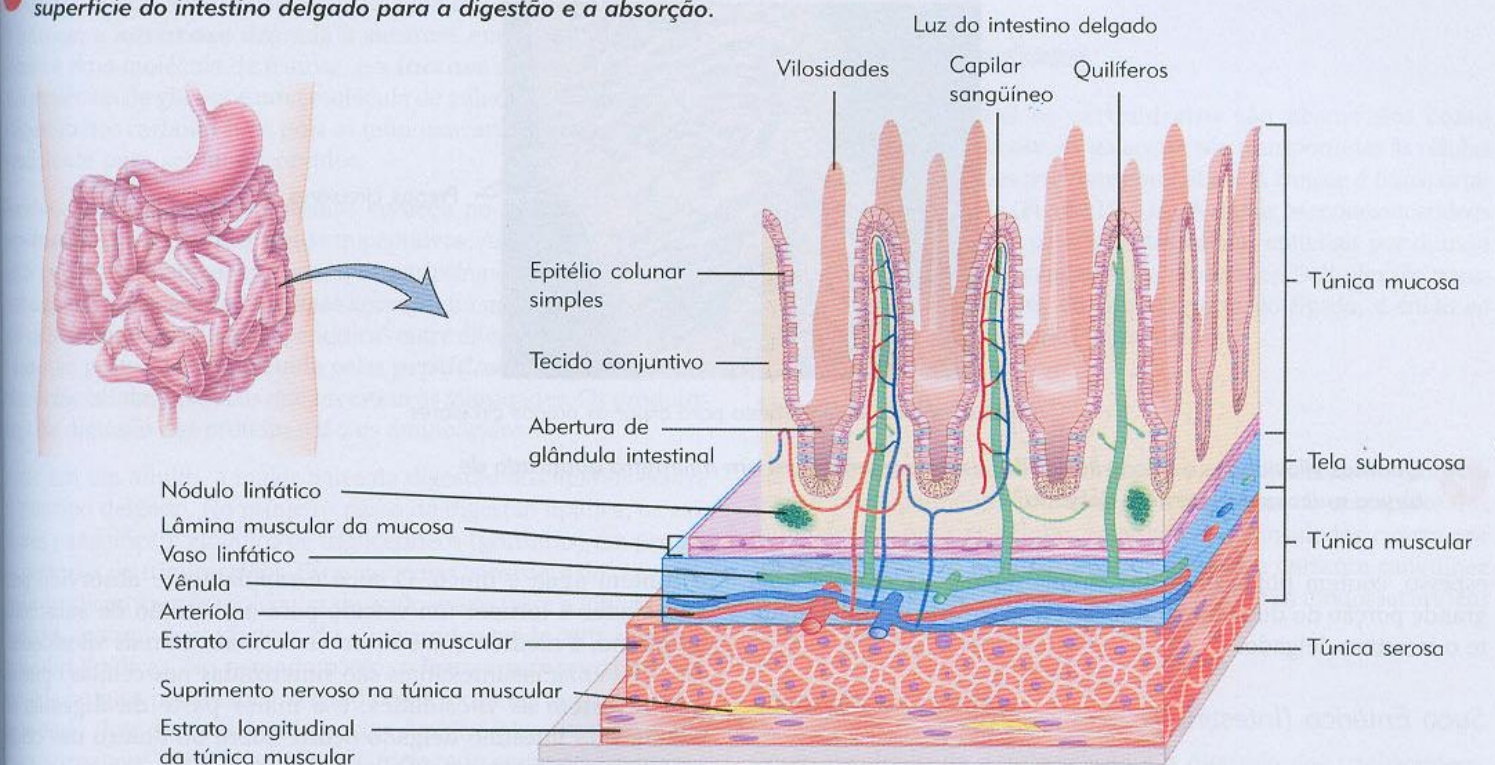
As vilosidades, as microvilosidades e as pregas circulares aumentam a área de superfície do intestino delgado para a digestão e a absorção.

(a) Vista tridimensional das camadas do intestino delgado, mostrando vilosidades

Figura 19.12 *(Continuação)*

Microvilosidades das células absortivas

Células caliciformes (secretam muco)

Micrografia eletrônica de varredura da túnica mucosa do intestino delgado (2.300x)

Túnica mucosa

Tela submucosa

Capilar sangüíneo

Quilífero

Tecido conjuntivo

Glândula intestinal

Lâmina muscular da mucosa

Vaso linfático

Arteríola

Vênula

Microvilosidades

Célula absorvente (digere e absorve nutrientes)

Célula caliciforme (secreta muco)

Célula granular basal (produtora de hormônio) (secreta secretina, colecistoqui e peptídeo inibitório gástrico)

Célula de Paneth (secreta lisozima e é capaz de fagocitose)

(b) Vilosidades aumentadas mostrando quilíferos, capilares e glândula intestinal

(c) Fotografia do jejuno, aberto para expor as pregas circulares

P ***Quantas vilosidades e microvilosidades estão presentes em um milímetro quadrado de túnica mucosa do intestino delgado?***

espesso, contém fibras dispostas circularmente. Exceto por uma grande porção do duodeno, a túnica serosa reveste completamente o intestino delgado.

Suco Entérico (Intestinal)

O suco entérico, secretado pelas glândulas intestinais, é um líquido claro amarelado que possui um pH de 7,6 (levemente alcalino) e contém água e muco. O suco é rapidamente absorvido p vilosidades e fornece um veículo para a absorção de substân do quimo, à medida que entram em contato com as vilosidade

As enzimas intestinais são sintetizadas nas células epite que revestem as vilosidades, e a maior parte da digestão enzimas do intestino delgado ocorre sobre ou dentro das cél epiteliais que revestem as vilosidades.

Digestão no Intestino Delgado

Mecânica

Os movimentos do intestino delgado são de dois tipos: segmentação e peristalse. A ***segmentação*** é o movimento principal. Ela é estritamente uma contração localizada em áreas contendo alimento, que agita o quimo para frente e para trás, misturando-o com os sucos digestórios e trazendo as partículas alimentares em contato com a túnica mucosa para a absorção. Ela não empurra o conteúdo intestinal ao longo do trato. O movimento é similar a comprimir alternadamente as extremidades opostas de um tubo de pasta de dente. A segmentação depende principalmente de impulsos parassimpáticos. Os impulsos simpáticos diminuem a motilidade intestinal.

A ***peristalse*** propele o quimo através do trato intestinal. As contrações peristálticas no intestino delgado normalmente são muito fracas comparadas àquelas no esôfago ou no estômago. A peristalse, como a segmentação, é iniciada por distensão e controlada pelo sistema nervoso autônomo.

Química

Na boca, a amilase salivar converte o amido (polissacarídeo) em maltose (dissacarídeo). No estômago, a pepsina converte proteínas em peptídeos (proteínas pequenas). Assim, o quimo que entra no intestino delgado contém carboidratos e proteínas parcialmente digeridos. O término da digestão é um esforço coletivo do suco pancreático, da bile e do suco entérico no intestino delgado.

CARBOIDRATOS Os amidos não-reduzidos à maltose no momento em que o quimo deixa o estômago são degradados pela ***amilase pancreática***, uma enzima no suco pancreático que atua no intestino delgado. Embora a amilase atue sobre o glicogênio e o amido, não atua sobre o polissacarídeo celulose, uma fibra vegetal indigerível.

Três enzimas no suco entérico digerem os dissacarídeos em monossacarídeos: a ***maltase*** degrada a maltose em duas moléculas de glicose; a ***sacarase*** degrada a sacarose em uma molécula de glicose e uma molécula de frutose; e a ***lactase*** digere a lactose em uma molécula de glicose e uma molécula de galactose. Isto completa a digestão dos carboidratos, pois os monossacarídeos são pequenos o suficiente para serem absorvidos.

PROTEÍNAS A digestão das proteínas começa no estômago, onde a ***pepsina*** fragmenta as proteínas em peptídeos. As enzimas encontradas no suco pancreático (tripsina, quimotripsina e carboxipeptidase) continuam a digestão, embora suas ações sejam um pouco diferentes, pois cada uma rompe ligações peptídicas entre diferentes aminoácidos. A digestão proteica é completada pelas ***peptidases***, enzimas produzidas pelas células epiteliais que revestem as vilosidades. Os produtos finais da digestão das proteínas são os aminoácidos.

LIPÍDIOS Em um adulto, a maior parte da digestão dos lipídios ocorre no intestino delgado. No primeiro passo da digestão lipídica, os sais biliares emulsificam glóbulos de triglicerídeos (gorduras) em pequenas gotículas de triglicerídeos. Estas gotículas consistem de uma molécula de glicerol e três moléculas de ácido graxo (veja a Figura 2.9). Agora, a enzima degradadora do triglicerídeo pode agir sobre as moléculas lipídicas. No segundo passo, a ***lipase pancreática***, encontrada no suco pancreático, degrada cada molécula de triglicerídeo removendo dois dos três ácidos graxos do glicerol; o terceiro ácido graxo permanece aderido ao glicerol, formando assim ácidos graxos e monoglicerídeos, os produtos finais da digestão dos triglicerídeos.

ÁCIDOS NUCLEICOS O suco entérico e o suco pancreático contêm nucleases, que digerem os nucleotídeos em seus constituintes, pentoses e bases nitrogenadas. A ***ribonuclease*** atua sobre os nucleotídeos do ácido ribonucleico, e a desoxirribonuclease atua sobre os nucleotídeos do ***ácido desoxirribonucleico***.

Um resumo das enzimas digestivas é apresentado no Quadro 19.2.

Regulação da Secreção e da Motilidade Intestinais

Os meios mais importantes para regular a secreção e a motilidade do intestino delgado são os reflexos locais, em resposta à presença do quimo. Os movimentos de segmentação dependem principalmente da distensão intestinal, que inicia os impulsos nervosos ao sistema nervoso central. Os reflexos locais e os impulsos parassimpáticos provenientes do SNC aumentam a motilidade. Os impulsos simpáticos diminuem a motilidade intestinal. Os primeiros resíduos de uma refeição atingem o início do intestino grosso em aproximadamente 4 horas.

Absorção

Todas as fases químicas e mecânicas da digestão, da boca ao intestino delgado, são dirigidas para transformar o alimento em moléculas que podem passar através das células epiteliais da túnica mucosa até o sangue e vasos linfáticos. Essas moléculas são os monossacarídeos, os aminoácidos, os ácidos graxos e os monoglicerídeos. A passagem destes nutrientes digeridos do trato gastrintestinal ao sangue ou linfa é denominada ***absorção***.

Cerca de 90% de toda a absorção ocorre no intestino delgado. Os outros 10% ocorrem no estômago e no intestino grosso. Qualquer material não-digerido ou não-absorvido que restar no intestino delgado é transportado ao intestino grosso. A absorção no intestino delgado ocorre por difusão, difusão facilitada, osmose e transporte ativo.

Absorção de Carboidratos

Essencialmente todos os carboidratos são absorvidos como monossacarídeos. A glicose e a galactose são transportadas às células epiteliais das vilosidades por transporte ativo. A frutose é transportada por difusão facilitada (Figura 19.13a). A seguir, os monossacarídeos transportados movem-se para fora das células epiteliais por difusão facilitada e penetram nos capilares das vilosidades. Dali, eles são transportados ao fígado através do sistema porta do fígado, e então ao coração e à circulação geral (Figura 19.13b).

Absorção de Proteínas

A maioria das proteínas é absorvida como aminoácidos, e o processo ocorre principalmente no duodeno e no jejuno. O transporte dos aminoácidos para as células epiteliais das vilosidades ocorre por transporte ativo, e a partir dali por difusão à corrente sangüínea (Figura 19.12a). Eles seguem a mesma via que os monossacarídeos (Figura 19.13b).

Absorção de Lipídios

Como resultado da emulsificação e a digestão dos triglicerídeos, estes são degradados em monoglicerídeos e ácidos graxos. Os áci-

Quadro 19.2 Resumo das Enzimas Digestivas

ENZIMA	FONTE	SUBSTRATO	PRODUTO
Digerem carboidratos			
Amilase salivar	Glândulas salivares	Amidos (polissacarídeos)	Maltose (dissacarídeo)
Amilase pancreática	Pâncreas	Amidos (polissacarídeos)	Maltose (dissacarídeo)
Maltase	Intestino delgado	Maltose	Glicose
Sacarase	Intestino delgado	Sacarose	Glicose e frutose
Lactase	Intestino delgado	Lactose	Glicose e galactose
Digerem proteínas			
Pepsina (ativada a partir do pepsinogênio pelo ácido clorídrico)	Estômago (células pépticas)	Proteínas	Peptídeos
Tripsina (ativada a partir do tripsinogênio pela enteroquinase)	Pâncreas	Proteínas	Peptídeos
Quimiotripsina (ativada a partir do quimiotripsinogênio pela tripsina)	Pâncreas	Proteínas	Peptídeos
Carboxipeptidase (ativada a partir da pró-carboxipeptidase pela tripsina)	Pâncreas	Aminoácido terminal na extremidade carboxila (ácida)	Peptídeos e aminoácidos
Peptidases	Intestino delgado	Aminoácidos terminais na extremidade amino dos peptídeos e dipeptídeos	Aminoácidos
Digerem lipídios			
Lipase pancreática	Pâncreas	Triglicerídeos (gorduras) que foram emulsificados por sais biliares	Ácidos graxos e monoglicerídeos
Nucleases			
Ribonuclease	Pâncreas e intestino delgado	Nucleotídeos do ácido ribonucleico	Pentoses e bases nitrogenadas
Desoxirribonuclease	Pâncreas e intestino delgado	Nucleotídeos do ácido desoxirribonucleico	Pentoses e bases nitrogenadas

dos graxos de cadeia curta (menos que 10 a 12 átomos de carbono) passam às células epiteliais por difusão e seguem a mesma rota dos monossacarídeos e aminoácidos (Figura 19.13a,b). A maioria dos ácidos graxos, contudo, é de ácidos graxos de cadeia longa. Eles e os monoglicerídeos são transportados com o auxílio dos sais biliares. Os sais biliares formam pequenas esferas denominadas ***micelas***. Durante a digestão dos triglicerídeos, os ácidos graxos e os monoglicerídeos dissolvem-se em micelas, e é nesta forma que eles atingem as células epiteliais das vilosidades.

Dentro das células epiteliais, muitos monoglicerídeos, glicerol e ácidos graxos são recombinados em triglicerídeos pela célula epitelial. Aqui, os triglicerídeos se reúnem e são revestidos com proteínas para formar grandes esferas denominadas ***quilomicras*** (Figura 19.13a). O revestimento de proteína impede os glóbulos de aderirem uns aos outros. Eles saem da célula epitelial para penetrar no quilífero de uma vilosidade. Dali, dirigem-se ao sistema linfático e, eventualmente, à corrente sangüínea, através das veias subclávias (Figura 19.13b).

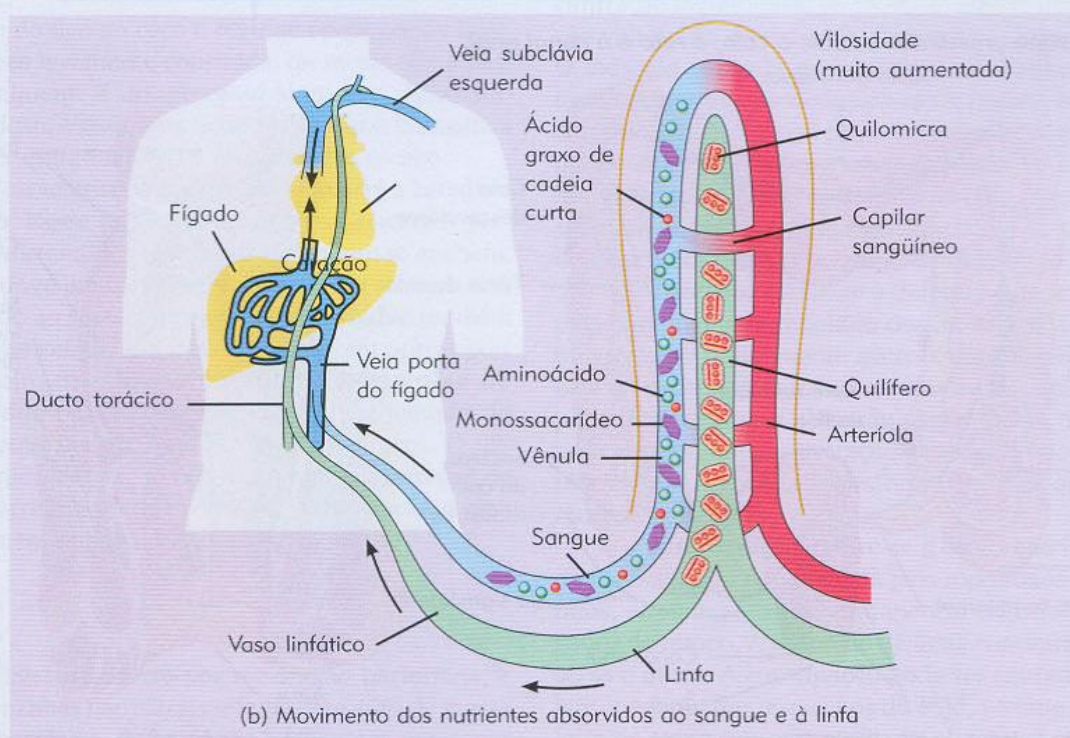
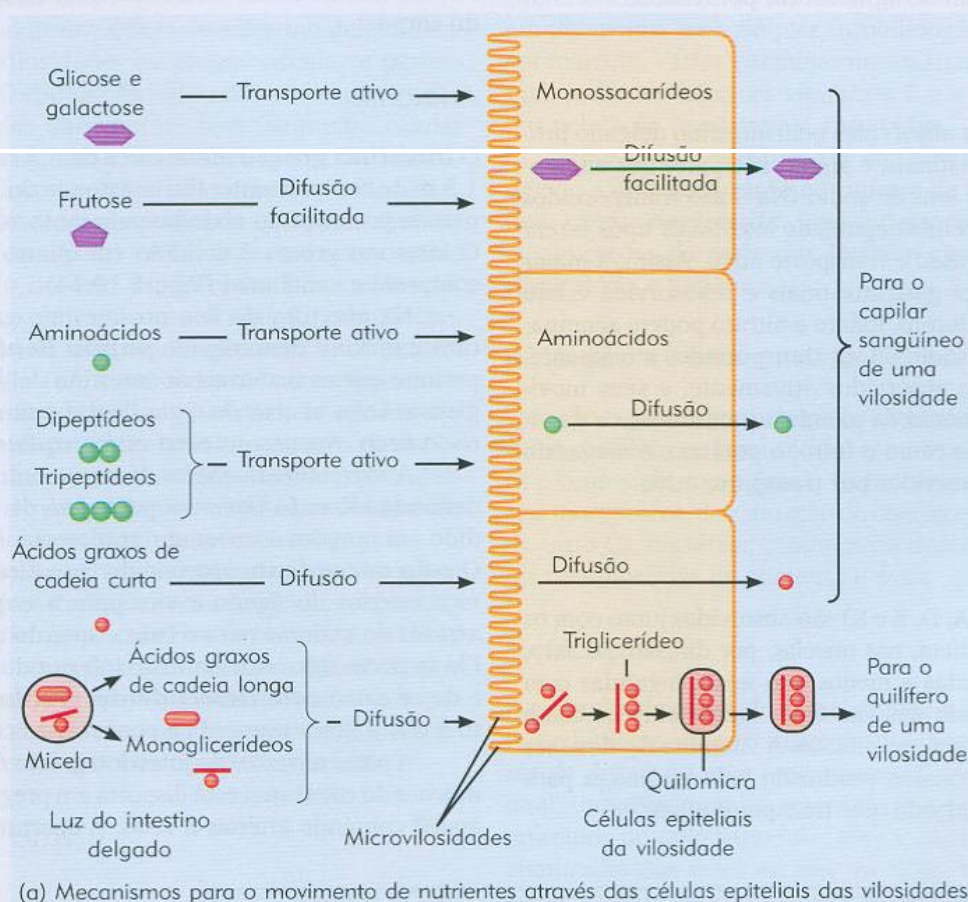
Os lipídios plasmáticos ácidos graxos, triglicerídeos e colesterol são insolúveis em água e nos líquidos do corpo. Para que sejam transportados no sangue e utilizados pelas células do corpo, eles devem combinar-se com proteínas transportadoras para tornar-se solúveis. A combinação do lipídio e proteína é referida como uma ***lipoproteína***. As quilomicras são um exemplo. Outras incluem as ***lipoproteínas de baixa densidade (LBD ou LDL)*** e ***alta densidade (LAD ou HDL)***.

As LDLs são ricas em colesterol e também contêm algum fosfolipídio. A função das LDLs é transportar o colesterol dos tecidos adiposo e muscular para outros tecidos do corpo. Nestes tecidos, a LDL é usada para atividades como a síntese de hormônios esteróides e a manufatura de membranas celulares. Níveis elevados de LDL estão associados ao desenvolvimento de aterosclerose, pois parte do colesterol pode ser depositado nas paredes das artérias (colesterol "ruim"). As HDLs são ricas em fosfolipídios e colesterol. Sua função é transportar o colesterol dos tecidos do corpo ao fígado. No fígado, parte da HDL é catabolizada para se tornar um componente da bile (sais biliares). Altos níveis de HDL estão associados a um risco diminuído de doença cardiovascular, pois podem remover o colesterol das paredes das artérias (colesterol "bom"). A *American Heart Association* recomenda que o nível sangüíneo total de colesterol deve ser menor que 200 mg/dl, e que a relação do colesterol total para o HDL deve ser menor que 3:1.

Figura 19.13 Absorção dos nutrientes digeridos no intestino delgado. Para simplificar, todos os alimentos digeridos são mostrados na luz do intestino delgado, mesmo que alguns nutrientes sejam digeridos dentro ou fora das células epiteliais dos vilosidades.

Os ácidos graxos de cadeia longa e monoglicerídeos são absorvidos nos quilíferos; outros produtos da digestão penetram nos capilares sangüíneos.

(a) Mecanismos para o movimento de nutrientes através das células epiteliais das vilosidades

(b) Movimento dos nutrientes absorvidos ao sangue e à linfa

Como as vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K) são absorvidas?

Absorção de Água

O volume total de líquido que entra no intestino delgado a cada dia é de aproximadamente 9,3 litros. Quase todo este líquido é absorvido no intestino delgado; o restante, cerca de 0,1 litro (100 ml), passa para o intestino grosso, onde a maior parte dele também é absorvida. A absorção de água ocorre por osmose.

Absorção de Eletrólitos

Grande parte dos eletrólitos absorvidos pelo intestino delgado provém das secreções gastrintestinais, e alguns são parte dos alimentos e líquidos ingeridos. Os íons de sódio (Na^+) são transportados ativamente para fora das células epiteliais intestinais após terem atingido as mesmas por difusão e transporte ativo. Assim, a maior parte do Na^+ nas secreções gastrintestinais é reabsorvida e não perdida nas fezes. Os íons cloreto, iodeto e nitrato podem acompanhar passivamente os íons sódio ou ser transportados ativamente. Os íons cálcio também são absorvidos ativamente, e seus movimentos dependem do hormônio da glândula paratireóide e da vitamina D. Outros eletrólitos como o ferro, o potássio, o magnésio e o fosfato também são absorvidos por transporte ativo.

Absorção de Vitaminas

As vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K) são absorvidas junto com os triglicerídeos ingeridos na dieta, nas micelas, por difusão. De fato, elas não podem ser absorvidas a menos que sejam ingeridas com algum triglicerídeo. A maioria das vitaminas hidrossolúveis, como as vitaminas B e C, é absorvida por difusão. A vitamina B_{12} deve ser combinada com o fator intrínseco produzido pelo estômago para sua absorção no intestino delgado, por transporte ativo.

Intestino Grosso

Objetivo: *Descrever a estrutura do intestino grosso e explicar su função na digestão, na formação das fezes e na defecação.*

As funções gerais do intestino grosso são o término da absorção, a manufatura de certas vitaminas, a formação e a expulsão das fezes do corpo.

Anatomia

O ***intestino grosso*** mede cerca de 6,5 cm de diâmetro e cerca de 1,5 m de comprimento. Ele se estende do íleo ao ânus e está fixo à parede posterior do abdome pelo mesocolo (veja a Figura 19.3b). O intestino grosso é dividido em quatro partes principais: ceco, colo, reto e canal anal (Figura 19.14).

Na abertura do íleo no intestino grosso, há uma prega de túnica mucosa denominada ***papila ileal*** junto ao óstio ileal. Ela permite que os materiais do intestino delgado passem ao intestino grosso. Logo abaixo do óstio ileal, há um fundo-de-saco denominado ***ceco***. Apenso ao ***ceco*** está o ***apêndice vermiforme***.

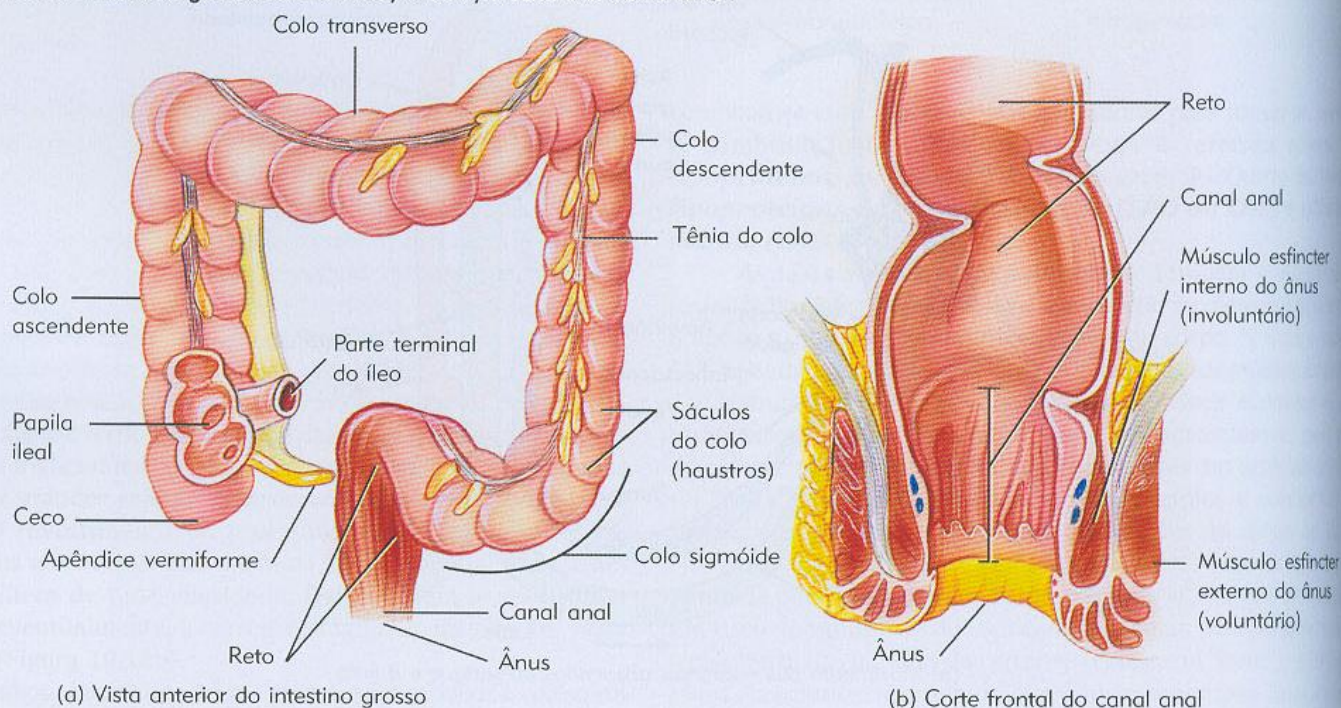
A extremidade aberta do ceco continua com um longo tubo denominado ***colo*** (*kolon* = passagem de alimento). O colo é dividido em porções ascendente, transversa, descendente e sigmóide. O ***colo ascendente*** ascende do lado direito do abdome, atinge a face inferior do fígado e vira para a esquerda. O colo continua através do abdome para o lado esquerdo como ***colo transverso***. Ele se curva sob a extremidade inferior do baço, no lado esquerdo, e desce como ***colo descendente***. O ***colo sigmóide*** começa junto à crista ilíaca esquerda e continua-se com o ***reto***.

A parte terminal do intestino grosso é o ***canal anal***. A túnica mucosa do canal anal está disposta em pregas longitudinais (colunas anais) contendo artérias e veias. A abertura do canal anal ao mei

Figura 19.14 Anatomia do intestino grosso.

 As partes do intestino grosso são o ceco, o colo, o reto e o canal anal.

(a) Vista anterior do intestino grosso

(b) Corte frontal do canal anal

P ***Quais as funções do intestino grosso?***

exterior é denominada **ânus**. Ele tem um músculo esfincter interno de músculo liso (involuntário) e um músculo esfincter externo de músculo esquelético (voluntário). Normalmente, o ânus fica fechado, exceto durante a eliminação dos resíduos (fezes) da digestão.

A especialidade médica que trata do diagnóstico e tratamento dos distúrbios do reto e do canal anal é denominada ***proctologia*** (*proct* = reto; *logos* = estudo de).

A parede do intestino grosso difere do intestino delgado em vários aspectos. Não há vilosidades ou pregas circulares permanentes na túnica mucosa. O epitélio da túnica mucosa é um epitélio colunar (cilíndrico) simples que contém principalmente células absorventes, e numerosas células caliciformes (secretam muco) (Figura 19.15). As células formam tubos longos denominados glândulas intestinais. As células absorventes funcionam primariamente na absorção de água. As células caliciformes secretam muco para lubrificar o conteúdo do colo. Nódulos linfáticos solitários também são encontrados na túnica mucosa. A túnica muscular consiste de um estrato externo de músculo longitudinal e um estrato interno de músculo circular. Diferentemente de outras partes do trato gastrintestinal, algumas faixas longitudinais, as ***tênias do colo*** (*taenia* = faixa plana), percorrem o comprimento da maior parte do intestino grosso. As contrações tônicas dessas faixas pregueiam o colo em uma série de bolsas denominadas ***sáculos do colo (haustros)***, que dão ao colo seu aspecto sacular.

Varicosidades em quaisquer veias resultam em inflamação e aumento de calibre. As varicosidades das veias retais são conhecidas como ***hemorróidas***. Inicialmente contidas dentro do canal anal (primeiro grau), elas aumentam gradualmente até que prolapsam ou se estendem para fora na defecação (segundo grau) e finalmente permanecem prolapsadas através do ânus (terceiro grau). As hemorróidas podem ser causadas por constipação e gestação.

Digestão no Intestino Grosso

Mecânica

A passagem de quimo do íleo ao ceco é regulada pela papila ileal. Ela em geral permanece levemente contraída, de modo que a passagem do quimo usualmente é um processo lento mas, imediatamente após uma refeição, existe uma ação reflexa que intensifica a peristalse e qualquer quimo no íleo é forçado para o ceco.

Um movimento característico do intestino grosso é a batedura dos ***sáculos do colo***. Nesse processo, os sáculos (haustros) permanecem relaxados e distendidos (esticados) enquanto se enchem. Quando a distensão atinge um certo limiar, as paredes se contraem e espremem o conteúdo ao sáculo seguinte. A ***peristalse*** também ocorre, embora em uma velocidade mais lenta que em outras porções do trato. O terceiro tipo de movimento é a ***peristalse de massa***, uma forte onda peristáltica que começa na metade do colo transverso e impulsiona o conteúdo do colo ao reto. O alimento no estômago inicia esta ação reflexa. Assim, a peristalse de massa usualmente ocorre três ou quatro vezes ao dia, durante uma refeição ou imediatamente após a mesma.

Química

O último estágio da digestão ocorre por meio ação bacteriana, e não enzimática, pois enzimas não são secretadas. Até 40% da massa fecal é composta de bactérias. As bactérias fermentam quaisquer carboidratos restantes e liberam hidrogênio, dióxido de carbono e gás metano, que contribuem para os flatos (gases) no colo. Elas também convertem as proteínas restantes em aminoácidos e degradam os aminoácidos em substâncias mais simples: indol, escatol, sulfeto de hidrogênio e ácidos graxos. Alguns destes são conduzidos às fezes e contribuem para seu odor. O restante é absorvido e transportado ao fígado, convertido em compostos menos tóxicos e excretado na urina. As bactérias também decompõem a bilirrubina em pigmentos mais simples (urobilinogênio), que dão às fezes sua cor marrom. Várias vitaminas necessárias para o metabolismo normal, incluindo algumas vitaminas B e a vitamina K, são sintetizadas pela ação bacteriana e absorvidas.

Quando as bactérias do intestino grosso saem do intestino devido a uma perfuração ou ruptura de apêndice vermiforme, podem causar ***peritonite***, uma inflamação aguda do peritônio. As complicações da peritonite incluem choque, insuficiências renal, respiratória e hepática.

Absorção e Formação das Fezes

Quando o quimo permanece no intestino grosso por 3 a 10 horas, torna-se sólido ou semi-sólido, como resultado da absorção, e agora é conhecido como ***fezes***. Quimicamente, as fezes consistem de sais inorgânicos, descamação de células epiteliais da túnica mucosa do trato GI, bactérias, produtos da decomposição bacteriana, partes não-digeridas de alimento e água.

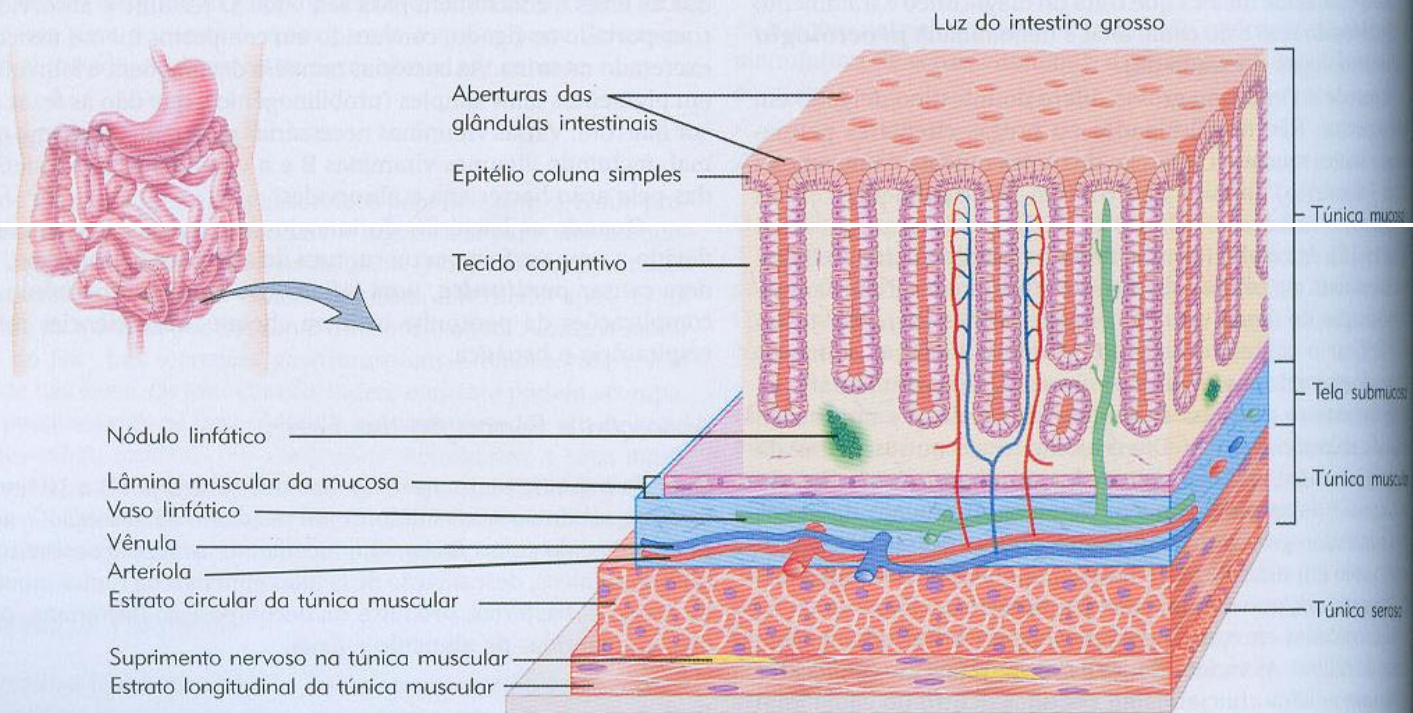
Defecação

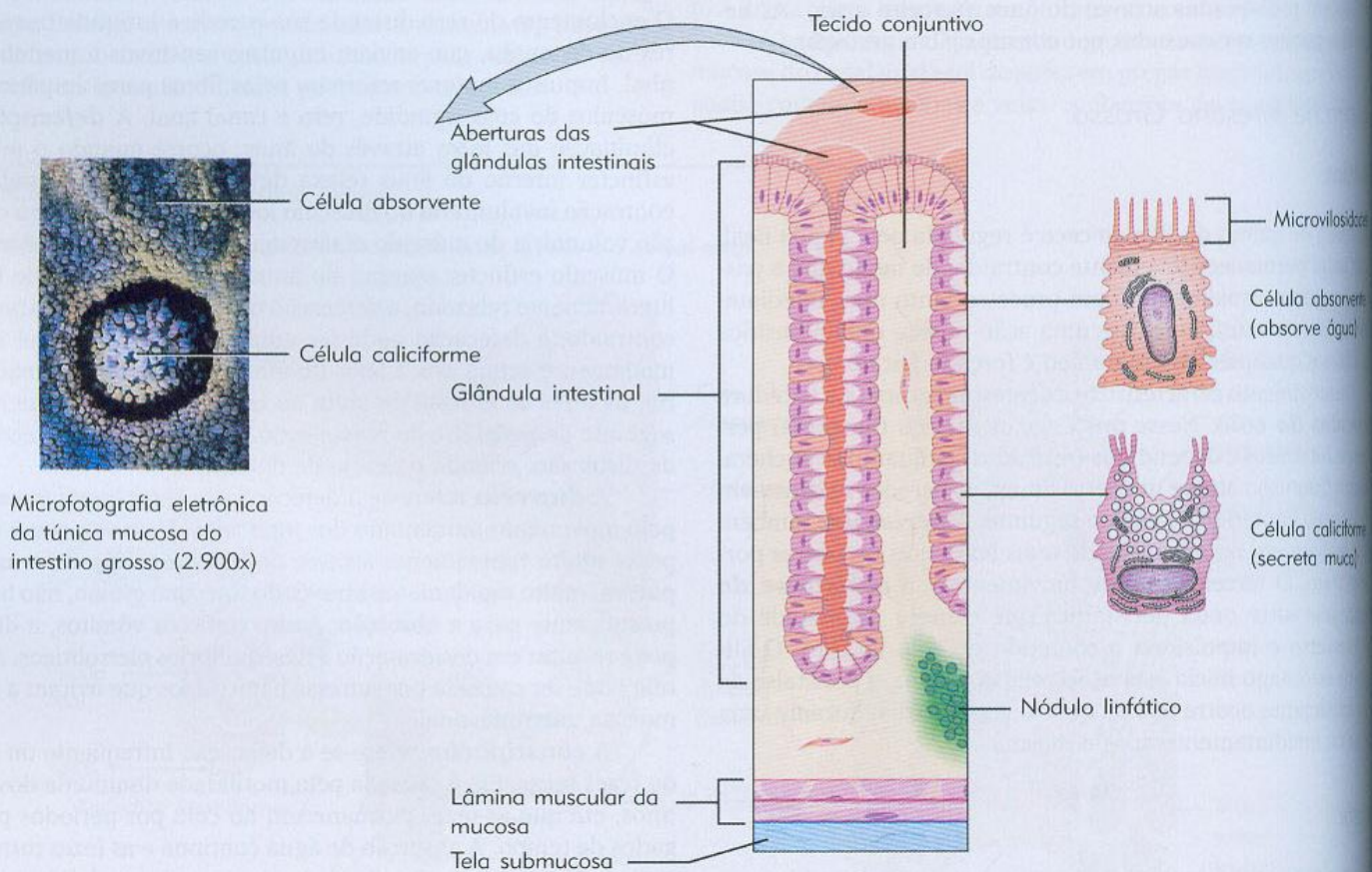
A peristalse de massa do colo sigmóide inicia o reflexo da defecação. O enchimento do reto distende sua parede e estimula os receptores de distensão, que enviam impulsos sensitivos à medula espinhal. Impulsos motores retornam pelas fibras parassimpáticas aos músculos do colo sigmóide, reto e canal anal. A ***defecação***, ou eliminação das fezes através do ânus, ocorre quando o músculo esfincter interno do ânus relaxa devido à pressão causada pela contração involuntária do músculo longitudinal do reto e a contração voluntária do músculo diafragma e dos músculos abdominais. O músculo esfincter externo do ânus é voluntário. Se ele for voluntariamente relaxado, a defecação ocorre; se for voluntariamente contraído, a defecação pode ser adiada, o que é possível aproximadamente acima dos 3 anos de idade. Se a defecação não ocorrer, as fezes se movem de volta ao colo sigmóide até que a onda seguinte de peristalse de massa estimule novamente os receptores de distensão, criando o desejo de defecar.

A ***diarréia*** refere-se à defecação de fezes líquidas, causada pelo movimento aumentado dos intestinos. Uma vez que o quimo passa muito rapidamente através do intestino delgado e as fezes passam muito rapidamente através do intestino grosso, não há tempo suficiente para a absorção. Assim como os vômitos, a diarréia pode resultar em desidratação e desequilíbrios eletrolíticos. A diarréia pode ser causada por estresse e micróbios que irritam a túnica mucosa gastrintestinal.

A ***constipação*** refere-se à defecação infreqüente ou difícil, ou fezes secas. Ela é causada pela motilidade diminuída dos intestinos, em que as fezes permanecem no colo por períodos prolongados de tempo. A absorção de água continua e as fezes tornam-se secas e duras. A constipação pode ser causada por hábitos intestinais inadequados, espasmos do colo, volume insuficiente da dieta, falta de exercício e estresse.

Figura 19.15 Histologia do intestino grosso.

As glândulas intestinais formadas por células colunares simples e caliciformes se estendem em toda a espessura da túnica mucosa.

(a) Vista tridimensional das camadas do intestino grosso

Microfotografia eletrônica da túnica mucosa do intestino grosso (2.900x)

(b) Vista de secção da túnica mucosa do intestino grosso, mostrando as glândulas intestinais

Em que a túnica muscular do intestino grosso difere das outras porções do trato GI?

foco no bem-estar

Os Perigos dos Transtornos Alimentares

Nossa cultura idealizou a receita perfeita para o desenvolvimento de problemas alimentares: combine um suprimento abundante de comida com ocupações sedentárias e então estabeleça um padrão irrealista de magreza pelo qual julgar a auto-estima. Adicione uma pitada de estresse e baixa auto-estima e pronto: problemas com a imagem corporal e comportamento alimentar. Não surpreende o fato de que a taxa de transtornos alimentares esteja atingindo proporções epidêmicas na América do Norte, especialmente entre as jovens estudantes.

Transtornos Alimentares e Alimentação Desordenada

A maioria dos leitores já está familiarizada com os distúrbios clínicos da alimentação. Pessoas com *anorexia nervosa* (usualmente meninas e mulheres jovens) restringem intensamente a ingestão de alimento e perdem 15% ou mais de seu peso corporal. Embora emaciadas, as pessoas com anorexia ainda acreditam que estão muito gordas, e tentam perder ainda mais peso, algumas vezes ao ponto de hospitalização e mesmo óbito. As pessoas com *bulimia* engajam-se em episódios freqüentes de hiperalimentação, em que elas consomem grandes volumes de alimento dentro de um curto período de tempo. Esses surtos de alimentação excessiva são caracterizados por sensações de estar fora de controle, e são seguidos de sentimentos de autodepreciação e baixa auto-estima. As pessoas com bulimia tentam então expelir as calorias extras com vômitos auto-induzidos, jejum, laxantes, diuréticos ou exercício excessivo.

O conceito de transtornos alimentares pode levar o leitor à conclusão errônea de que os problemas com a comida e peso são algo que ou você tem ou você não tem. Na realidade, os problemas com o alimento e a imagem corporal seguem em um *continuum*, do jejum ocasional e ingestão de um pacote de biscoitos até o distúrbio alimentar clínico. Muitas pessoas têm algum grau de distúrbio alimentar mas não atingem os critérios clínicos de um transtorno alimentar. Os comportamentos alimentares alterados incluem fazer dieta crônica, seguir dietas de calorias muito baixas e ficar obcecado pelo alimento e peso corporal.

As pessoas com transtornos alimentares também podem utilizar métodos de controle de peso patogênicos, como aqueles usados pelos bulímicos para vomitar. Elas podem ficar viciadas em drogas como pílulas de dieta, cocaína e esteróides anabólicos, ou fumar cigarros e realizar outros comportamentos nocivos em um esforço mal-orientado para controlar a ingestão de alimento e o peso corporal.

Os riscos dos transtornos alimentares variam de efeitos leves, como desperdiçar muito tempo pensando sobre os alimentos, até o desenvolvimento de transtornos alimentares com risco de vida. Infelizmente, muitas pessoas com comportamentos alimentares alterados desenvolvem problemas mais graves com o tempo, se os problemas psicológicos que desencadeiam os comportamentos não são abordados.

Dietas Perigosas

Os transtornos alimentares envolvem mais do que um comportamento de ingestão; eles são sintomáticos de problemas psicológicos graves, melhor abordados por especialistas qualificados. Os transtornos alimentares são difíceis de tratar, o que torna a prevenção dos problemas alimentares especialmente importante. Uma linha de prevenção é estimular as pessoas jovens a manter um peso apropriado desenvolvendo uma ingestão saudável e duradoura e hábitos de exercício, em vez de esperar perder peso rapidamente em dietas restritivas de curto prazo (que não funcionam muito bem, de qualquer modo).

Embora os transtornos alimentares não estejam relacionados apenas à ingestão, todos eles iniciam com um desejo de perder peso e uma decisão de fazer dieta. É fácil transformar o comportamento voltado para a dieta em problemas com a alimentação, especialmente se a dieta é muito restrita. Nestes casos, as pessoas em dieta desenvolvem desejos incontroláveis, uma resposta normal à fome. Quando isto acontece, elas freqüentemente perdem o controle e a frágil estrutura da ingestão restrita se desmorona, levando a surtos de hiperalimentação, uma sensação de desgosto consigo mesmo e uma resolução de uma vez mais retomar o controle do comportamento alimentar. Obviamente, nem todas as pessoas que fazem dieta desenvolvem um transtorno alimentar. Porém, o encorajamento do comportamento da dieta promove a ingestão desordenada em pessoas com tendência a este tipo de problema.

Pensamento Crítico

Por que você acha que as mulheres têm mais probabilidade que os homens de desenvolver transtornos alimentares?

O comportamento de ingestão alimentar é desencadeado por muitos outros fatores além da fome fisiológica. Quais são alguns destes fatores?

Doenças Comuns

Dieta de Fibras e o Sistema Digestório

Uma deficiência dietética que tem recebido atenção recente é a falta de ingestão adequada de ***fibras na dieta***. As fibras em uma dieta consistem de substâncias vegetais indigeríveis, como a celulose, a lignina e a pectina, encontradas nas frutas, nos vegetais, nas sementes e nos grãos. As ***fibras insolúveis*** que não se dissolvem na água incluem partes duras ou estruturais das plantas, como as cascas das frutas e vegetais e o revestimento dos grãos de trigo e milho. As fibras insolúveis passam através do trato GI basicamente inalteradas, e aceleram a passagem do material através do trato. As ***fibras solúveis*** que se dissolvem em água são encontradas em abundância no feijão, na aveia, no malte, no brócolis, nas passas, nas maçãs e nas frutas cítricas. Elas tendem a tornar lenta a passagem do material através do trato.

Pessoas que escolhem uma dieta rica em fibras, não-refinadas, podem reduzir seu risco de desenvolver obesidade, diabete, aterosclerose, cálculos biliares, hemorróidas, diverticulite, apendicite e câncer de colo do intestino. Cada uma destas condições está diretamente relacionada à digestão e ao metabolismo do alimento e à operação do sistema digestório. Também há evidências de que as fibras insolúveis podem auxiliar a proteger contra o câncer de colo do intestino e que as fibras solúveis podem auxiliar a reduzir o nível de colesterol no sangue.

Cáries Dentárias

As ***cáries dentárias*** envolvem uma desmineralização gradual (amolecimento) do esmalte e da dentina. Se não tratadas, vários microrganismos podem invadir a polpa do dente, causando inflamação e infecção, com subseqüente morte da polpa e abscesso do osso em torno da raiz do dente. Isso é manejado com tratamento do canal da raiz. As cáries dentárias iniciam quando as bactérias, agindo sobre os açúcares, produzem ácidos que desmineralizam o esmalte.

Doença Periodontal

A ***doença periodontal*** refere-se a uma série de condições caracterizadas por inflamação e degeneração das gengivas, do osso, do ligamento periodontal e do cemento.

Úlcera Péptica

Uma ***úlcera*** é uma lesão em forma de cratera em uma membrana. As úlceras que ocorrem em áreas do trato gastrintestinal expostas ao suco gástrico ácido (estômago e duodeno) são denominadas ***úlceras pépticas***. A principal causa é uma bactéria (*Helicobacter pylori*).

Apendicite

A ***apendicite*** é uma inflamação do apêndice vermiforme. A apendicectomia (remoção cirúrgica do apêndice) é recomendada em todos os casos suspeitos, pois é mais seguro operar nesse momento que arriscar se ocorrer uma gangrena, ruptura e peritonite.

Tumores

Tumores benignos e malignos podem ocorrer em todas as partes do trato gastrintestinal. O ***câncer colorretal*** é uma das mais mortais e comuns doenças malignas, estando em segundo lugar depois do câncer de pulmão em homens e depois do câncer de mama em mulheres. O desenvolvimento do câncer colorretal envolve fatores ambientais e genéticos. As fibras da dieta, retinóides, cálcio e selênio podem ser protetores, enquanto a ingestão de gordura animal e proteína pode causar um aumento na doença. A genética desempenha um papel muito importante, pois uma predisposição hereditária contribui para mais de metade dos casos de câncer colorretal. Os sinais e os sintomas de câncer colorretal incluem alterações no padrão normal de evacuações (diarréia, constipação), cólicas, dor abdominal e sangramento retal. O único tratamento definitivo para os tumores gastrintestinais, se não puderem ser removidos endoscopicamente, é a cirurgia.

Diverticulite

Os ***divertículos*** são protrusões saculares da parede do colo, em lugares onde a túnica muscular está enfraquecida. O desenvolvimento de divertículos é denominado ***diverticulose***, e uma inflamação nos divertículos é conhecida como ***diverticulite***.

Hepatite

A ***hepatite*** é uma inflamação do fígado causada por vírus, drogas ou substâncias químicas, incluindo o álcool.

A ***hepatite A (infecciosa)*** é causada pelo vírus da hepatite A e é disseminada por contaminação fecal do alimento, roupas, brinquedos, louças e assim por diante (via fecal-oral). Ela não causa lesão hepática duradoura.

A ***hepatite B (sérica)*** é causada pelo vírus da hepatite B e se dissemina primariamente por contato sexual, seringas contaminadas e equipamentos de transfusão. Ela também pode ser disseminada por qualquer secreção de líquido pelo corpo (lágrima, saliva, sêmen). A hepatite B pode produzir inflamação hepática crônica. Vacinas estão disponíveis para a hepatite B, e são requeridas por certos indivíduos como os trabalhadores da saúde.

A ***hepatite C*** é uma forma de hepatite que não está relacionada nem ao vírus A nem ao vírus B. Ela é clinicamente similar à hepatite B e freqüentemente se dissemina por transfusões de sangue. O vírus da hepatite C pode causar cirrose e possivelmente câncer de fígado.

A ***hepatite D*** é causada pelo vírus da hepatite D. Ela é transmitida como a hepatite B e, de fato, uma pessoa deve estar co-infectada com hepatite B antes de contrair a hepatite D. A hepatite D resulta em lesão hepática grave e tem uma taxa de mortalidade maior que a das pessoas infectadas com o vírus da hepatite B isolado.

A ***hepatite E*** é causada pelo vírus da hepatite E e se dissemina como a hepatite A. Embora não cause doença hepática crônica, o vírus E é responsável por uma taxa de mortalidade muito alta em mulheres grávidas.

Cirrose

A ***cirrose*** refere-se a um fígado distorcido ou fibrosado como resultado da inflamação crônica. A cirrose pode ser causada por hepatite, certas substâncias químicas, parasitas que infectam o fígado, e pelo alcoolismo.

Cálculos Biliares

Se não há sais biliares ou lecitina suficientes na bile, ou se existe excesso de colesterol, este pode-se cristalizar para formar ***cálculos***. Uma vez formados, os cálculos crescem em tamanho e número e podem causar obstrução mínima, intermitente ou completa do fluxo da bile da vesícula biliar ao duodeno.

Anorexia Nervosa

A ***anorexia nervosa*** é um distúrbio crônico caracterizado por perda de peso auto-induzida, percepção negativa da imagem corporal e alterações fisiológicas que resultam da depleção nutricional. Pacientes com anorexia nervosa fixam-se em seu peso e freqüentemente insistem em ter uma evacuação por dia, apesar da falta de ingestão alimentar adequada. Eles abusam de laxantes, o que piora as deficiências hidreletrolíticas/nutricionais. O distúrbio é encontrado predominantemente em mulheres jovens, solteiras, e pode ser hereditário.

Bulimia

Um distúrbio que afeta tipicamente mulheres brancas jovens, solteiras, de classe média, é conhecido como ***bulimia*** (*bous* = boi; *limos* = fome). Ela é caracterizada por uma hiperalimentação, no mínimo duas vezes por semana, seguida pela eliminação por meio de vômitos auto-induzidos, dieta estrita ou jejum, exercício vigoroso ou uso de laxantes ou diuréticos. Este ciclo de hiperalimentação-eliminação ocorre em resposta a temores de ter excesso de peso, estresse, depressão e distúrbios fisiológicos como tumores hipotalâmicos.

Terminologia e Condições Médicas

Afta Úlcera dolorosa na túnica mucosa da boca, que afeta mulheres mais freqüentemente que homens e usualmente ocorre entre os 10 e 40 anos; pode ser uma reação auto-imune.

Botulismo (*botulus* = salsicha) Um tipo de envenenamento alimentar causado por uma toxina produzida pelo *Clostridium botulinum*. A bactéria é ingerida quando alimentos cozidos ou conservados inadequadamente são ingeridos. A toxina inibe a transmissão de impulsos nervosos nas sinapses, inibindo a liberação da acetilcolina. Os sintomas incluem paralisia, náuseas, vômitos, visão borrada ou dupla, dificuldade na fala e na deglutição, ressecamento da boca e fraqueza geral.

Colite Inflamação da túnica mucosa do colo e do reto, em que a absorção de água e sais é reduzida, produzindo fezes aquosas e sanguinolentas e, em casos graves, desidratação e depleção de sais. Os espasmos da túnica muscular irritada produzem cólicas.

Colostomia (*stomoun* = fornecer uma abertura) O desvio do fluxo fecal através de uma abertura no colo, criando um *stoma* (abertura artificial) cirúrgico que é fixado à parte externa da parede abdominal. Esta abertura serve como um substituto do ânus, através do qual as fezes são eliminadas.

Diarréia do viajante Doença infecciosa do trato gastrintestinal, que resulta em evacuações moles e urgentes, cólicas, dor abdominal, mal-estar, náuseas e ocasionalmente febre e desidratação. Ela é adquirida por meio da ingestão de alimentos ou água contaminados com material fecal contendo principalmente bactérias.

Disfagia (*dis* = anormal; *fagein* = comer) Dificuldade na deglutição, que pode ser causada por inflamação, paralisia, obstrução ou trauma.

Doença inflamatória intestinal Doença de todo o trato gastrintestinal, em que pessoas com esta condição podem reagir ao estresse desenvolvendo sintomas como cólicas e dor abdominal associadas aos padrões alternados de diarréia e constipação. Quantidades excessivas de muco podem aparecer nas fezes, e outros sintomas incluem flatulência, náuseas e perda de apetite. A condição também é conhecida como ***colo irritável*** ou ***colite espástica***.

Enterite (*enteron* = intestino) Uma inflamação do intestino, particularmente do intestino delgado.

Flato Ar (gás) no estômago ou no intestino, usualmente expelido através do ânus. Se o gás é expelido através da boca é denominado ***arroto*** ou ***eructação***. Os flatos podem resultar do gás liberado durante a degradação de alimentos no estômago ou da deglutição de ar ou substâncias que contêm gás, como as bebidas carbonatadas.

Hérnia Protrusão de um órgão ou parte de um órgão através de uma membrana ou parede de cavidade, usualmente a cavidade abdominal.

Náuseas (*nausia* = enjôo) Desconforto caracterizado por uma perda de apetite e a sensação de vômitos iminentes. Sua causa inclui a irritação local do trato gastrintestinal, uma doença sistêmica, doença ou lesão cerebral, exercício exagerado ou os efeitos de medicações ou superdosagens de drogas.

Resumo dos Estudos

Processos Digestórios (p. 433)

1. O alimento é preparado para uso pelas células por cinco atividades básicas: ingestão, mistura e movimento, digestão mecânica e química, absorção e defecação.
2. A digestão química é uma série de reações que degradam as moléculas grandes de carboidratos, lipídios e proteínas do alimento em moléculas utilizáveis pelas células do corpo.
3. A digestão mecânica consiste de movimentos que auxiliam na digestão química.
4. A absorção é a passagem de nutrientes do alimento digerido do trato digestório ao sangue ou à linfa, para distribuição às células.
5. A defecação é o esvaziamento do reto e canal anal.

Organização (p. 433)

1. Os órgãos da digestão são divididos em dois grupos principais: aqueles compondo o trato gastrintestinal (GI) e as estruturas acessórias.
2. O trato GI é um tubo contínuo que vai da boca ao ânus.
3. As estruturas acessórias são os dentes, a língua, as glândulas salivares, o fígado, a vesícula biliar e o pâncreas.
4. A distribuição básica dos tecidos no trato GI, de dentro para fora, é túnica mucosa, tela submucosa, túnica muscular e túnica serosa (peritônio).
5. As partes do peritônio incluem o mesentério, o ligamento falciforme e o omento maior, entre outros.

Boca (Cavidade da Boca) (p. 434)

1. A boca é formada pelas bochechas, pelos palatos, pelos lábios e pela língua, que auxiliam na digestão mecânica.
2. A região de comunicação entre a cavidade da boca e a parte oral da faringe é a fauce (garganta).

Língua (p. 436)

1. A língua apóia-se no soalho da cavidade da boca. Ela é composta de músculos esqueléticos recobertos por túnica mucosa.
2. A superfície superior (dorso) e as margens da língua são recobertas com papilas. Algumas papilas contêm (botões) gustatórios.

Glândulas Salivares (p. 436)

1. A maior parte da saliva é secretada pelas glândulas salivares, que estão situadas fora da boca e despejam seu conteúdo em ductos que se esvaziam na cavidade da boca.
2. Existem três pares de glândulas salivares maiores: parótida, submandibular e sublingual.
3. A saliva lubrifica o alimento e inicia a digestão química dos carboidratos.
4. A salivação está totalmente sob controle nervoso.

Dentes (p. 437)

1. Os dentes se projetam na boca e são adaptados para a digestão mecânica.
2. Um dente típico consiste de três porções principais: coroa, raiz e colo.
3. Os dentes são compostos primariamente de dentina, e são recobertos por esmalte, a substância mais dura do corpo.
4. Existem duas dentições: decídua e permanente.

Digestão na Boca (p. 438)

1. Por meio da mastigação, o alimento é misturado à saliva e forma um bolo.
2. A amilase salivar converte os polissacarídeos (amidos) em dissacarídeos (maltose).

Faringe (p. 438)

1. O alimento deglutido passa da boca à parte oral (bucal) da faringe. Desta parte passa à parte laríngea da faringe.

Esôfago (p. 438)

1. O esôfago é um tubo muscular que conecta a faringe ao estômago.
2. Ele transporta o bolo ao estômago por peristalse.

Deglutição (p. 438)

1. A deglutição move o bolo da boca ao estômago.
2. Ela consiste de um estágio voluntário, um estágio faríngeo (reflexo) e um estágio esofágico (involuntário).

Estômago (p. 439)

Anatomia (p. 440)

1. O estômago começa na extremidade inferior do esôfago e termina no piloro gastroduodenal.
2. As subdivisões anatômicas do estômago são o cárdia (parte cárdica), o fundo, o corpo e a parte pilórica.
3. As adaptações do estômago para a digestão incluem as pregas; as glândulas que produzem muco, ácido clorídrico, enzima que digere proteínas (pepsina), fator intrínseco e gastrina; e uma túnica muscular em três estratos para um movimento mecânico eficiente.

Digestão no Estômago (p. 442)

1. A digestão mecânica consiste de ondas misturadoras.
2. A digestão química consiste da conversão de proteínas em peptídeos pela pepsina.
3. As ondas misturadoras e as secreções gástricas reduzem o alimento ao quimo.

Regulação da Secreção Gástrica (p. 442)

1. A secreção e motilidade gástricas são reguladas por mecanismos nervosos e hormonais.
2. Os impulsos nervosos parassimpáticos e a gastrina estimulam a secreção de sucos gástricos.
3. A presença de alimento no intestino delgado, o peptídeo inibitório gástrico, a secretina e a colecistoquinina inibem a secreção gástrica.

Regulação do Esvaziamento Gástrico (p. 442)

1. O esvaziamento gástrico é estimulado em resposta à distensão, e a gastrina é liberada em resposta à presença de certos tipos de alimento.
2. O esvaziamento gástrico é inibido por ação reflexa e hormônios (secretina e colecistoquinina).

Absorção (p. 443)

1. A parede do estômago é impermeável à maioria das substâncias.
2. Entre as substâncias absorvidas estão pouca água, certos eletrólitos, drogas e álcool.

Pâncreas (p. 443)

1. O pâncreas é conectado ao duodeno pelo ducto pancreático.
2. As ilhotas pancreáticas (ilhotas de Langerhans) secretam hormônios e constituem a porção endócrina do pâncreas.
3. As células acinosas secretam suco pancreático; elas constituem a porção exócrina do pâncreas.
4. O suco pancreático contém enzimas que digerem o amido (amilase pancreática), proteínas (tripsina, quimotripsina e carboxipeptidase), triglicerídeos (lipase pancreática) e ácidos nucleicos (nucleases).
5. A secreção pancreática é regulada por controle nervoso (fibras parassimpáticas do nervo vago) e mecanismos hormonais (secretina e colecistoquinina).

Fígado (p. 443)

1. O fígado tem lobos esquerdo e direito.
2. Os lobos são compostos de lóbulos, que contêm hepatócitos (células do fígado), sinusóides, células reticuloendoteliais estreladas (de Kupffer) e uma veia central.
3. Os hepatócitos do fígado produzem bile, que é transportada por um sistema de ductos à vesícula biliar, para armazenamento.
4. A bile emulsifica os triglicerídeos.
5. A secreção da bile é regulada por controle nervoso (estimulação parassimpática através do nervo vago) e mecanismos hormonais (secretina e colecistoquinina).
6. O fígado também atua no metabolismo dos carboidratos, dos triglicerídeos e das proteínas; na remoção de drogas e hormônios; na excreção da bile; na síntese de sais biliares; no armazenamento de vitaminas e minerais; na fagocitose e ativação da vitamina D.

Vesícula Biliar (p. 446)

1. A vesícula biliar é um saco localizado em uma depressão (fossa) na face visceral do fígado.
2. A vesícula biliar armazena e concentra a bile.
3. A bile é ejetada nos ductos cístico e colédoco sob influência da colecistoquinina.

Intestino Delgado (p. 446)

Anatomia (p. 446)

1. O intestino delgado estende-se do óstio pilórico ao óstio ileocecal (ileal).
2. Ele é dividido em duodeno, jejuno e íleo.
3. Ele é altamente adaptado à digestão e à absorção. Suas glândulas produzem enzimas e muco, e as microvilosidades, vilosidades e pregas circulares de sua parede fornecem uma grande superfície de digestão e absorção.
4. As enzimas intestinais degradam os alimentos dentro ou sobre as células epiteliais da túnica mucosa.

Suco Entérico; Digestão no Intestino Delgado (p. 448-449)

1. A digestão mecânica no intestino delgado envolve a segmentação e peristalse.
2. As enzimas intestinais no suco entérico, suco pancreático e bile degradam os dissacarídeos em monossacarídeos; a digestão das proteínas é completada pelas enzimas peptidases; os triglicerídeos são degradados em ácidos graxos e monoglicerídeos pela lipase pancreática; e as nucleases degradam os ácidos nucleicos em pentoses e bases nitrogenadas.

Regulação da Secreção e da Motilidade Intestinais (p. 449)

1. O mecanismo mais importante são os reflexos locais.
2. Eles são iniciados em presença de quimo.
3. O polipeptídeo intestinal vasoativo (PIV) estimula a produção de suco entérico.

Absorção (p. 449)

1. Absorção é a passagem de nutrientes do alimento digerido, do trato gastrintestinal ao sangue ou à linfa.
2. Monossacarídeos, aminoácidos e ácidos graxos de cadeia curta passam aos capilares sangüíneos.
3. Os ácidos graxos de cadeia longa e monoglicerídeos são absorvidos como parte de micelas, ressintetizados em triglicerídeos e transportados como quilomicras.
4. As quilomicras são captadas pelo quilífero de uma vilosidade.
5. O intestino delgado também absorve água, eletrólitos e vitaminas.

Intestino Grosso (p. 452)

Anatomia (p. 452)

1. O intestino grosso estende-se do óstio ileocecal (ileal) ao ânus.
2. Suas subdivisões incluem o ceco, os colos, reto e o canal anal.
3. A túnica mucosa contém numerosas células absorventes e caliciformes, e a túnica muscular contém a tênia do colo.

Digestão no Intestino Grosso (p. 453)

1. Os movimentos mecânicos do intestino grosso incluem a trituração pelos sáculos (haustros) do colo, a peristalse e a peristalse de massa.
2. Os últimos estágios da digestão química ocorrem no intestino grosso por meio da ação bacteriana, e não enzimática. As substâncias são degradadas ainda mais, e algumas vitaminas são sintetizadas.

Absorção e Formação das Fezes (p. 453)

1. O intestino grosso absorve água, eletrólitos e vitaminas.
2. As fezes consistem de água, sais inorgânicos, células epiteliais, bactérias e alimentos não-digeridos.

Defecação (p. 453)

1. A eliminação das fezes pelo reto é denominada defecação.
2. A defecação é uma ação reflexa auxiliada por contrações voluntárias do músculo diafragma e dos músculos abdominais.

Auto-avaliação

1. O alimento é impedido de ir para a traquéia durante a deglutição por
   a. esôfago b. úvula palatina c. epiglote d. língua e. faringe
2. As estruturas acessórias associadas à boca não incluem
   a. língua b. dentes c. glândulas parótidas d. glândulas sublinguais e. glândulas gástricas
3. A digestão das proteínas ocorre primeiramente em que estrutura?
   a. boca b. estômago c. intestino delgado d. fígado e. intestino grosso
4. Qual dos seguintes não é produzido no estômago?
   a. bicarbonato de sódio (NaHCO^3) b. gastrina c. pepsinogênio d. muco e. ácido clorídrico (HCl)
5. Qual dos seguintes descreveria corretamente o esôfago?
   a. O alimento entra no esôfago pela parte pilórica do estômago. b. Ele se estende da laringe aos brônquios principais e contém anéis de cartilagem. c. O alimento move-se através de todo o esôfago sob controle voluntário. d. Ele permite a passagem do quimo. e. Ele é um tubo muscular colapsável que se estende da faringe ao estômago.
6. O trato gastrintestinal é protegido da mistura ácida do quimo por
   a. HCl b. pepsina c. tripsina d. muco e NaHCO^3 e. cílios
7. Após sair do estômago, o quimo passa através de que estrutura?
   a. pâncreas b. intestino grosso c. duodeno d. estômago e. esôfago
8. A maior parte da digestão química ocorre no
   a. fígado b. estômago c. duodeno d. intestino grosso e. pâncreas
9. Os produtos finais da digestão das proteínas são
   a. monossacarídeos b. polipeptídeos c. aminoácidos d. fosfolipídios e. ácidos graxos
10. Se você acabou de digerir moléculas de triglicerídeo (gordura), você esperaria encontrar quantidades aumentadas de
    a. glicose b. aminoácidos c. ácidos graxos e glicerol d. ácidos nucleicos e. amilase
11. Absorção é definida como
    a. a eliminação de impurezas sólidas do sistema digestório b. uma ação reflexa controlada pelo sistema nervoso autônomo c. a degradação de alimentos por ação enzimática d. a passagem de nutrientes do trato gastrintestinal à corrente sangüínea e. a degradação mecânica dos triglicerídeos
12. Qual das seguintes estruturas aumenta a absorção de nutrientes pelo intestino delgado?
    a. glândulas gástricas b. pregas c. sáculos (haustros) do colo d. vilosidades e microvilosidades e. mesentério
13. Se uma incisão fosse feita no estômago, as camadas (túnicas e telas) de tecido seriam penetradas na seguinte ordem
    a. mucosa, muscular, serosa, submucosa b. mucosa, muscular, submucosa, serosa c. serosa, muscular, mucosa, submucosa d. muscular, submucosa, mucosa, serosa e. serosa, muscular, submucosa, mucosa
14. O hormônio que estimula a secreção e esvaziamento gástricos é
    a. gastrina b. colecistoquinina c. secretina d. peptídeo inibitório gástrico e. bile
15. Qual dos seguintes NÃO está corretamente pareado?
    a. esôfago – peristalse b. boca – mastigação c. intestino grosso – peristalse de massa d. intestino delgado – segmentação e. estômago – deglutição
16. Uma enzima que digere as proteínas é
    a. lipase b. maltase c. tripsina d. ribonuclease e. amilase

Aplicação do Pensamento Crítico

1. Amélia adora chupar limões frescos. Ela pega uma grande fatia de limão com seus dentes da frente e chupa o suco. Seu dentista está preocupado que a exposição freqüente ao ácido afete seus dentes. Por quê?
2. Em um experimento clássico, Pavlov condicionou cães a salivar ao som de uma campainha, em antecipação de serem alimentados. As pessoas também podem salivar em antecipação a uma refeição deliciosa. Explique por que.
3. Um casal que fazia uma refeição em um restaurante estava conversando, rindo e comendo alegremente. O homem repentinamente agarrou sua garganta e fez ruídos de estrangulamento. A mulher pediu ajuda dizendo, “ele não pode respirar!” O que aconteceu?
4. Imagine que um *spray* nasal para administrar colecistoquinina se tornasse disponível. Como os tratamentos com colecistoquinina afetariam o sistema digestório e o apetite?
5. Howie comeu dois pratos grandes de *chilli* vegetariano em um restaurante mexicano. O *chilli* contém um ou mais tipos de feijão e muitos vegetais, fornecendo uma grande quantidade de fibras na dieta. Que efeito esta refeição teria sobre o intestino grosso de Howie?
6. Após comer o *chilli*, uma grande porção de *strudel* e um *cappuccino* com uma quantia extra de creme, Howie teve uma sensação de ardência próximo ao centro de seu tórax. Ele afrouxou o cinto e sentiu-se desconfortavelmente cheio. Explique a causa da sensação de ardência de Howie.

Respostas às Perguntas das Figuras

19.1 Peristalse.
19.2 Auxiliam a regular as secreções e movimentos do trato.
19.3 Mesentério.
19.4 Manobram o alimento para a mastigação, formam o bolo alimentar, forçam-no para a parte posterior da boca para a deglutição e alteram a forma da língua para a deglutição e produção da fala.
19.5 Tecido conjuntivo, especificamente dentina.
19.6 Ambos. O início da deglutição é voluntário e a ação é realizada por músculos esqueléticos. O término da deglutição – mover o bolo ao longo do esôfago e estômago – envolve a peristalse do músculo liso e é involuntário.
19.7 Provavelmente não pois, à medida que o estômago se enche, as pregas se alisam.
19.8 Estimula a secreção de suco gástrico, aumenta a motilidade do trato GI e relaxa o músculo esfíncter pilórico.
19.9 Suco pancreático (líquido e enzimas digestivas); bile; suco pancreático mais bile.
19.10 Veia porta do fígado → ramo da veia porta do fígado → sinusóide → veia central → veia hepática → veia cava inferior.
19.11 Íleo.
19.12 Cerca de 20-40 vilosidades e 200 milhões de microvilosidades.
19.13 Nas micelas.
19.14 Término da absorção, síntese de certas vitaminas, formação e eliminação das fezes.
19.15 Contém a tênia do colo, que forma os sáculos (haustros) do colo.

Nutrição e Metabolismo

objetivos do aprendizado

1. Definir o metabolismo e descrever sua importância na homeostase.
2. Explicar como o corpo utiliza os carboidratos.
3. Explicar como o corpo utiliza os lipídios.
4. Explicar com o corpo utiliza as proteínas.
5. Explicar como o corpo utiliza os minerais.
6. Explicar como o corpo utiliza as vitaminas.
7. Explicar como o metabolismo e o calor corporal estão relacionados.

uma visão geral

Neste capítulo discutiremos os principais grupos de nutrien-
es; como a ingestão alimentar é regulada, orientação para uma
limentação saudável; como cada grupo de alimentos é utilizado
para a obtenção de energia, crescimento e reparo do corpo; e como
vários fatores afetam a taxa metabólica do corpo.

Nutrientes

Os ***nutrientes*** são substâncias químicas presentes nos alimentos
que proporcionam energia, formam novos componentes corporais
ou auxiliam no funcionamento de vários processos corporais. As
seis principais classes de nutrientes são os carboidratos, os lipídios,
as proteínas, os minerais, as vitaminas e a água. Os carboidratos,
as proteínas e os lipídios são digeridos por enzimas do trato
gastrintestinal. A maioria dos produtos finais da digestão é utiliza-
da para produzir a energia que sustenta os processos vitais. Algu-
mas são utilizadas para sintetizar novas moléculas estruturais nas
células ou novas moléculas regulatórias, tais como os hormônios e
as enzimas.

Alguns minerais e muitas vitaminas fazem parte do sistema
enzimático que catalisa as reações metabólicas envolvendo
carboidratos, proteínas e lipídios.

A água apresenta cinco funções principais. Ela é um excelen-
te solvente e meio de suspensão; ela participa nas reações de
hidrólise; ela age como um resfriante; ela lubrifica; e ela ajuda a
manter a temperatura corporal constante.

Regulação da Ingestão de Alimentos

No hipotálamo existem dois grupos de neurônios relacionados à
ingestão de alimentos. Quando o ***centro da fome*** é estimulado
em animais, eles comem vorazmente, mesmo que já estejam cheios.
Quando o ***centro de saciedade*** é estimulado em animais, eles
param de comer, mesmo que tenham passado fome por dias. Ou-
tras partes do encéfalo que se relacionam à fome e à saciedade são
o córtex cerebral, o tronco do encéfalo e o sistema límbico.

A ingestão de alimento é afetada pelos níveis de glicose
sangüínea. Quando os níveis de glicose estão baixos, aumenta a
fome. Quando os níveis de glicose sangüínea estão altos, a ativida-
de do centro da saciedade é suficientemente alta para inibir o cen-
tro da fome, e a alimentação é inibida. Em menor escala, baixos
níveis de aminoácidos no sangue também aumentam a vontade de
comer, enquanto que altos níveis a deprimem.

À medida que a quantidade de tecido adiposo (gordura) au-
menta no corpo, a necessidade de alimentação geralmente dimi-
nui. Teoriza-se que certas substâncias, talvez ácidos graxos, sejam
liberadas a partir de triglicerídeos (gorduras) presentes no tecido
adiposo, e que estas substâncias então ativariam o centro da
saciedade e inibiriam o centro da fome.

A ingestão de alimentos é, também, afetada pela temperatu-
ra corporal. Enquanto que um ambiente frio aumenta a vontade
de comer, um ambiente quente a deprime. A ingestão de alimento
também é regulada estiramento (enchimento) do trato gastrintes-
tinal, particularmente o estômago e o duodeno. Quando estes ór-
gãos estão cheios e esticados, desencadeia-se um reflexo que ativa
o centro da saciedade e inibe o centro da fome. O hormônio
colecistocinina (CCK), secretado quando os triglicerídeos entram
no intestino delgado, também inibe a fome. Fatores psicológicos
podem impor-se aos mecanismos usuais de controle da alimenta-
ção, como, por exemplo, na obesidade, na anorexia nervosa e na
bulimia.

Orientações para uma Alimentação Saudável

As idéias sobre o que seria um comportamento alimentar saudável
variam de uma cultura a outra, e estudos em diferentes popula-
ções têm gerado pistas importantes sobre o impacto da nutrição
na saúde. Há muitas gerações, os Estados Unidos tem sido um país
de "leite e carne". O consumo diário de laticínios e carne era visto
como um sinal de riqueza não-compartilhado por muitos outros
países no mundo. Na Ásia, por outro lado, as comidas tradicional-
mente incluem o arroz, bastante vegetais, algum peixe e pouca
carne vermelha. A taxa de doenças cardíacas no Japão, onde a
comida tende a ter menos gordura e mais carboidratos, é bem
menor que nos Estados Unidos. Muitos estudos sugerem que uma
razão para isto é o maior consumo de gorduras saturadas e
colesterol nos Estados Unidos.

Os especialistas agora sugerem a seguinte distribuição de
calorias: (1) 50 a 60% de carboidratos, com menos de 15% de
açúcares simples, (2) menos de 30% de gorduras (os triglicerídeos
são o principal tipo de gordura na dieta), com não mais que 10%
de gorduras saturadas e (3) aproximadamente 12 a 15% de
proteínas. As normas para uma dieta alimentar saudável são:

1. Coma alimentos variados.
2. Mantenha um peso saudável.
3. Escolha alimentos com pouca gordura, gordura saturada e colesterol.
4. Coma bastante vegetais, frutas e grãos.
5. Use açúcar com moderação.
6. Use sal (sódio) com moderação (menos de 6 gramas diárias).
7. Se você ingere bebidas alcoólicas, faça-o com moderação (menos que o equivalente a 29,6 ml de álcool puro por dia).

Para ajudar as pessoas a atingirem um equilíbrio satisfatório
de vitaminas, minerais, carboidratos, gorduras e proteínas na sua
alimentação, o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos
desenvolveu uma Pirâmide Alimentar (Figura 20.1). As partes da
pirâmide mostram quantas porções dos cinco grupos principais de
alimentos devem ser consumidos por dia. O número menor de
porções corresponde uma dieta de 1.600 calorias/dia, enquanto
que o número maior de porções corresponde a 2.800 calorias/dia.
Como os carboidratos devem ser ingeridos em grandes quantida-
des, os alimentos ricos em carboidratos complexos como pão, ce-
reais, arroz e massas, formam a base da pirâmide. Os vegetais e as
frutas formam o próximo nível. Os benefícios à saúde pela ingestão
de grandes quantidades destes alimentos são bem-documentados.
Os alimentos do nível seguinte da pirâmide (como leite, iogurte e
queijos, além de carne vermelha, galinha, peixes, feijões, ovos e
nozes) devem ser consumidos em menores quantidades. Estes dois
grupos alimentares têm um teor mais alto de gorduras e proteínas
que os demais. Para reduzir a ingestão diária de gorduras, escolha
alimentos com baixos teores de gordura dos seguintes grupos –
leite desnatado e iogurte, queijo magro, peixe e galinha (sem pele).
O ápice da pirâmide não é um grupo de alimentos, mas, na verda-
de, uma precaução contra o uso de gorduras, óleos e doces.

Figura 20.1 A pirâmide alimentar. O menor número de porções corresponde a 1.600 calorias por dia, enquanto que o maior número de porções corresponde a 2.800 calorias por dia. Cada exemplo dado equivale a uma porção.

As partes da pirâmide mostram quantas porções dos cinco principais grupos de alimentos devem ser ingeridas cada dia.

GRUPO DAS GORDURAS, ÓLEOS E DOCES
Use raramente

Legenda:
- Gordura (natural e adicionada)
- Açúcares (adicionados)

Estes símbolos mostram a gordura e os açúcares adicionados aos alimentos. Eles são provenientes principalmente do grupo das gorduras, óleos e doces. Mas os alimentos de outros grupos – como o queijo ou o sorvete, do grupo do leite, ou batatas fritas, do grupo dos vegetais – podem também fornecer gorduras e açúcares.

GRUPO DO LEITE, IOGURTE E QUEIJO
Exemplos:
- 1 xícara de leite ou iogurte
- 45 g de queijo natural

(2-3 porções)

GRUPO DAS CARNES, GALINHA, PEIXE, FEIJÕES SECOS, OVOS E NOZES
Exemplos:
- 60 a 90 g de carne de gado magra, carne de galinha ou peixe cozidos (conte ½ xícara de feijões cozidos, 1 ovo ou 2 colheres de sopa de manteiga de amendoim como o equivalente a 30 g de carne)

(2-3 porções)

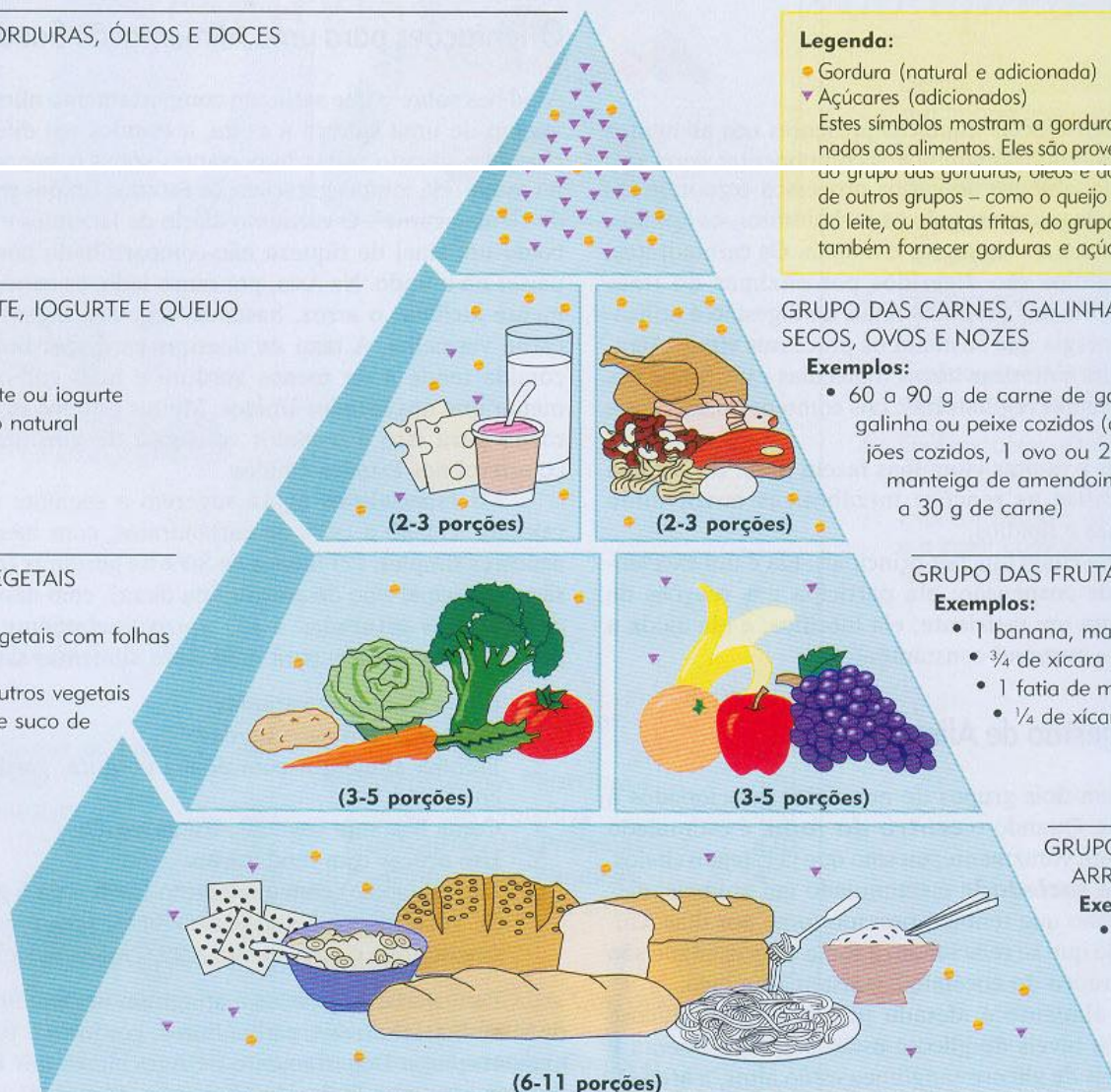
GRUPO DOS VEGETAIS
Exemplos:
- 1 xícara de vegetais com folhas crus
- ½ xícara de outros vegetais
- ¾ de xícara de suco de vegetais

(3-5 porções)

GRUPO DAS FRUTAS
Exemplos:
- 1 banana, maçã ou laranja média
- ¾ de xícara de suco de fruta
- 1 fatia de melão
- ¼ de xícara de frutas secas

(3-5 porções)

GRUPO DOS PÃES, CEREAIS, ARROZ E MASSAS
Exemplos:
- 30 g de cereais prontos para o consumo
- ½ xícara de cereais, massa ou arroz cozidos
- 1 fatia de pão

(6-11 porções)

P ***Quais os alimentos mostrados que contêm colesterol e a maior parte dos ácidos graxos saturados na dieta?***

Ainda não se sabe com certeza que níveis e tipos de carboidratos, gorduras e proteínas são ideais na dieta. Mundialmente, diferentes populações ingerem dietas radicalmente diferentes adaptadas ao seu estilo de vida em particular. Duas ou três porções de carne por dia podem ser demais. As proteínas de origem animal aumentam a perda de cálcio na urina e o consumo de carne vermelha está associado a um aumento do risco de câncer de cólon, mama e próstata. A pirâmide alimentar não distingue entre os diferentes tipos de ácidos graxos – saturados, poliinsaturados e monoinsaturados – nas gorduras da dieta. A aterosclerose e a doença coronariana são prevalentes em populações que consomem grandes quantidades de gorduras saturadas e colesterol. Mas, populações que vivem ao redor do Mar Mediterrâneo apresentam baixas taxas de doença coronariana apesar de terem uma dieta que contém até 40% das calorias na forma de gorduras. Entretanto, a maior parte da gordura é proveniente do azeite de oliva, que é rico em ácidos graxos monoinsaturados e não apresenta colesterol. Assim sendo, o tipo de gordura que comemos pode ser um fator mais crítico a quantidade absoluta. Além de azeite de oliva, óleo de canola, abacate, nozes e óleo de amendoim são todos ricos em ácidos graxos monoinsaturados.

Metabolismo

Objetivo: *Definir o metabolismo e descrever sua importância para a homeostase.*

O ***metabolismo*** (*metabolis* = mudança, mutável) refere-se a todas as reações químicas do corpo. O metabolismo corporal pode

er observado como um ato de equilíbrio de energia entre as reações anabólicas (síntese) e catabólicas (decomposição).

nabolismo

s reações químicas que combinam substâncias simples em moléculas mais complexas são, coletivamente, conhecidas como **nabolismo** (*ana* = para cima). Em geral, as reações anabólicas equerem energia, que é suprida pelas reações catabólicas (Figura 0.2). Um exemplo de um processo anabólico é a formação de gações peptídicas entre aminoácidos, e a partir daí, a formação e proteínas pela união de aminoácidos. Através do anabolismo, s ácidos graxos e o glicerol são transformados em triglicerídeos gorduras) e os açúcares simples em polissacarídeos.

atabolismo

s reações químicas que degradam compostos orgânicos complexos em compostos simples são conhecidas, coletivamente, como **atabolismo** (*cata* = para baixo; *ballein* = jogar, atirar). As reações catabólicas liberam a energia química de moléculas orgânicas. sta energia é, então, armazenada na forma de ATP até que seja ecessária para participar das reações anabólicas. O papel do ATP as reações anabólicas e catabólicas está mostrado na Figura 20.2.

A digestão química é um processo catabólico no qual a quebra das ligações das moléculas dos alimentos libera energia. Outro exemplo é a oxidação (respiração celular), que será descrita em eguida.

etabolismo e Enzimas

s reações químicas ocorrem quando ligações químicas entre substâncias são formadas ou rompidas. As enzimas são proteínas que servem como catalisadores para acelerar as reações químicas. As aracterísticas e as funções das enzimas podem ser revisadas no apítulo 2.

A maioria das enzimas atua junto com íons, tais como o cálcio, o ferro, o magnésio e o zinco, que unem a enzima ao substrato u a substâncias chamadas de **coenzimas**, que são aceptores ou oadores de átomos a um substrato. Muitas coenzimas são derivadas das vitaminas. Por exemplo, a coenzima ***NAD***$^+$ é derivada da itamina B niacina e a coenzima ***FAD*** é derivada da vitamina B_2 iboflavina).

eações de Oxidação e Redução

oxidação refere-se à *remoção* de elétrons (e^-) e de íons de hidrogênio (H^+) de uma molécula. Isto equivale à remoção de um omo de hidrogênio ($e^- + H^+ = H$). Um exemplo de reação de oxidação é a conversão de ácido láctico em ácido pirúvico:

```
COOH                        COOH
 |                           |
CHOH     Remove 2H          C = O
 |      ----------->         |
CH3     (OXIDAÇÃO)          CH3
 |                           |
Ácido lático           Ácido pirúvico
```

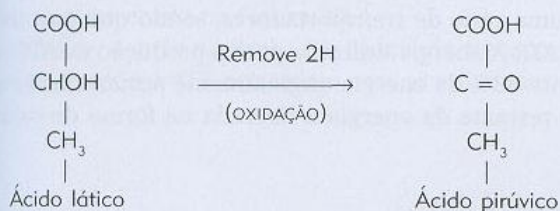
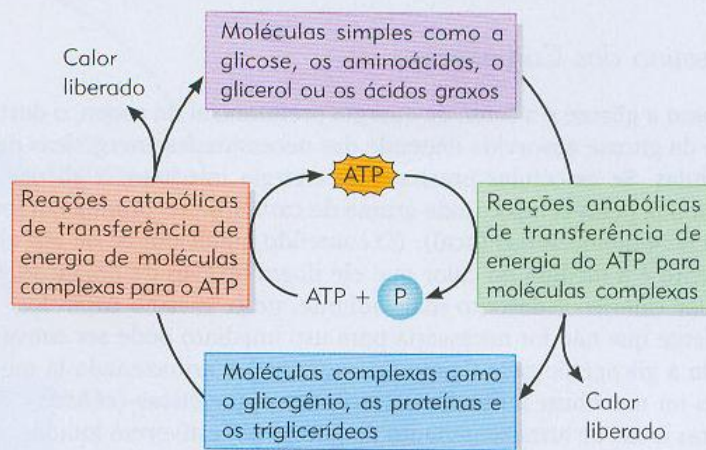
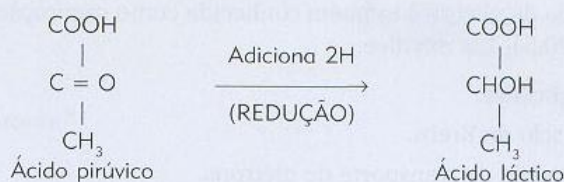



Figura 20.2 O catabolismo, o anabolismo e o ATP. Quando compostos simples são combinados para formar compostos complexos (anabolismo), o ATP fornece energia para a síntese. Quando compostos grandes são degradados (catabolismo), uma parte da energia é transferida e armazenada como ATP, sendo então utilizada nas reações anabólicas. A maior parte da energia é liberada na forma de calor.

 O metabolismo corporal é um processo de equilíbrio de energia entre o anabolismo e o catabolismo.

P ***O processo de síntese de enzimas digestivas é anabólico ou catabólico?***

Os dois átomos de hidrogênio liberados são transferidos a outro composto pelas coenzimas.

A ***redução*** refere-se à *adição* de elétrons e íons hidrogênio (átomos de hidrogênio) à uma molécula. A redução é o oposto da oxidação. Um exemplo de uma reação de redução é a conversão de ácido pirúvico em ácido láctico:

```
COOH                          COOH
 |        Adiciona 2H          |
C = O    ------------->       CHOH
 |        (REDUÇÃO)            |
CH3                           CH3
Ácido pirúvico            Ácido láctico
```

As reações de oxidação e redução são sempre pareadas, isto é, sempre que uma substância for oxidada, outra será reduzida, simultaneamente. Este pareamento de reações é referido como ***oxirredução***.

A oxidação é, geralmente, uma reação de liberação de energia. As células incorporam nutrientes (fontes potenciais de energia) e os degradam, dessa forma, liberando energia. Por exemplo, quando uma célula oxida uma molécula de ***glicose*** ($C_6H_{12}O_6$), a energia das ligações químicas da molécula de glicose é removida e armazenada na forma de trifosfato de adenosina (ATP). O ATP é, assim, uma fonte energética para reações que precisam de energia.

As reações de oxirredução têm papéis importantes no metabolismo de carboidratos, lipídios e proteínas. Também, a maior parte do calor corporal é resultado da oxidação dos alimentos ingeridos.

Metabolismo dos Carboidratos

Objetivo: *Explicar como o corpo utiliza os carboidratos.*

Durante a digestão, os polissacarídeos e dissacarídeos são digeridos a monossacarídeos – glicose, frutose e galactose – que são absorvidos no intestino delgado e carreados até o fígado, onde a frutose e a galactose são então convertidas à glicose (veja a Figura 19.13a). O fígado é o único órgão que tem as enzimas necessárias para fazer esta conversão. Assim sendo, a história do metabolismo de carboidratos é, realmente, a do metabolismo da glicose.

Destino dos Carboidratos

Como a glicose é a fonte de energia preferencial do corpo, o destino da glicose absorvida depende das necessidades energéticas das células. Se as células precisam de energia imediata, a glicose é oxidada pelas células. Cada grama de carboidratos produz em torno de 4 quilocalorias (kcal). (O conteúdo quilocalórico de um alimento é a medida do calor que ele libera através da oxidação. O valor calórico é descrito mais adiante, neste mesmo capítulo.) A glicose que não for necessária para uso imediato pode ser convertida a glicogênio pelo fígado (glicogênese) e armazenada lá mesmo ou nas fibras musculares estriiadas esqueléticas (células). Se estas áreas de armazenamento de glicogênio estiverem lotadas, as células hepáticas podem transformar a glicose em triglicerídeos (lipogênese) para armazenagem no tecido adiposo. Quando as células necessitam de mais energia, o glicogênio e os triglicerídeos podem ser convertidos de volta à glicose.

Antes que a glicose possa ser utilizada pelas células, ela deve atravessar a membrana plasmática e entrar no citossol. Isto ocorre por difusão facilitada. A taxa de transporte de glicose é enormemente aumentada pela ação da insulina.

Catabolismo da Glicose

A *oxidação* da glicose é também conhecida como *respiração celular* (Figura 20.3). Ela envolve:

1. A glicólise.
2. O ciclo de Krebs.
3. A cadeia de transporte de elétrons.

Glicólise

A ***glicólise*** (*glico* = açúcar; *lisis* = ruptura) refere-se à oxidação da glicose a duas moléculas de ácido pirúvico (veja a Figura 20.3). Ela ocorre no citossol da maioria das células do corpo. A glicólise é também chamada de ***respiração celular anaeróbica***, porque ela ocorre sem a presença de oxigênio. Na glicólise, muitos compostos são formados durante a produção do ácido pirúvico. No total, para cada molécula de glicose que sofre glicólise, existe um ganho global de 2 moléculas de ATP (embora 4 moléculas de ATP sejam produzidas, duas são gastas no processo). Adicionalmente, 2 moléculas da coenzima NADH + H^+ (que contém energia), são produzidas (NAD^+ é a forma oxidada, NADH + H^+ é a forma reduzida).

O destino do ácido pirúvico depende da disponibilidade de oxigênio. Se as condições permanecem anaeróbicas, como durante exercícios estenuantes, o ácido pirúvico é convertido em ácido lático. O ácido lático pode ser transportado até o fígado, onde é convertido de volta a ácido pirúvico. Ou, ele pode permanecer nas células até que as condições aeróbicas (com oxigênio) sejam restabelecidas (lembre-se dos mecanismos para o reequilíbrio do débito de oxigênio descrito na p. 165), e ele é, então, convertido em ácido pirúvico nas células.

Em condições anaeróbicas, a glicose é somente parcialmente oxidada. Uma oxidação completa da glicose requer a presença de oxigênio, sendo chamada de ***respiração celular aeróbica***. Durante a respiração celular aeróbica o ácido pirúvico entra nas mitocôndrias, onde é oxidado para produzir muito mais energia (ATP) que a respiração celular anaeróbica. A respiração celular aeróbica consiste de um conjunto de reações químicas conhecidas como ciclo de Krebs e da cadeia de transporte de elétrons.

Ciclo de Krebs

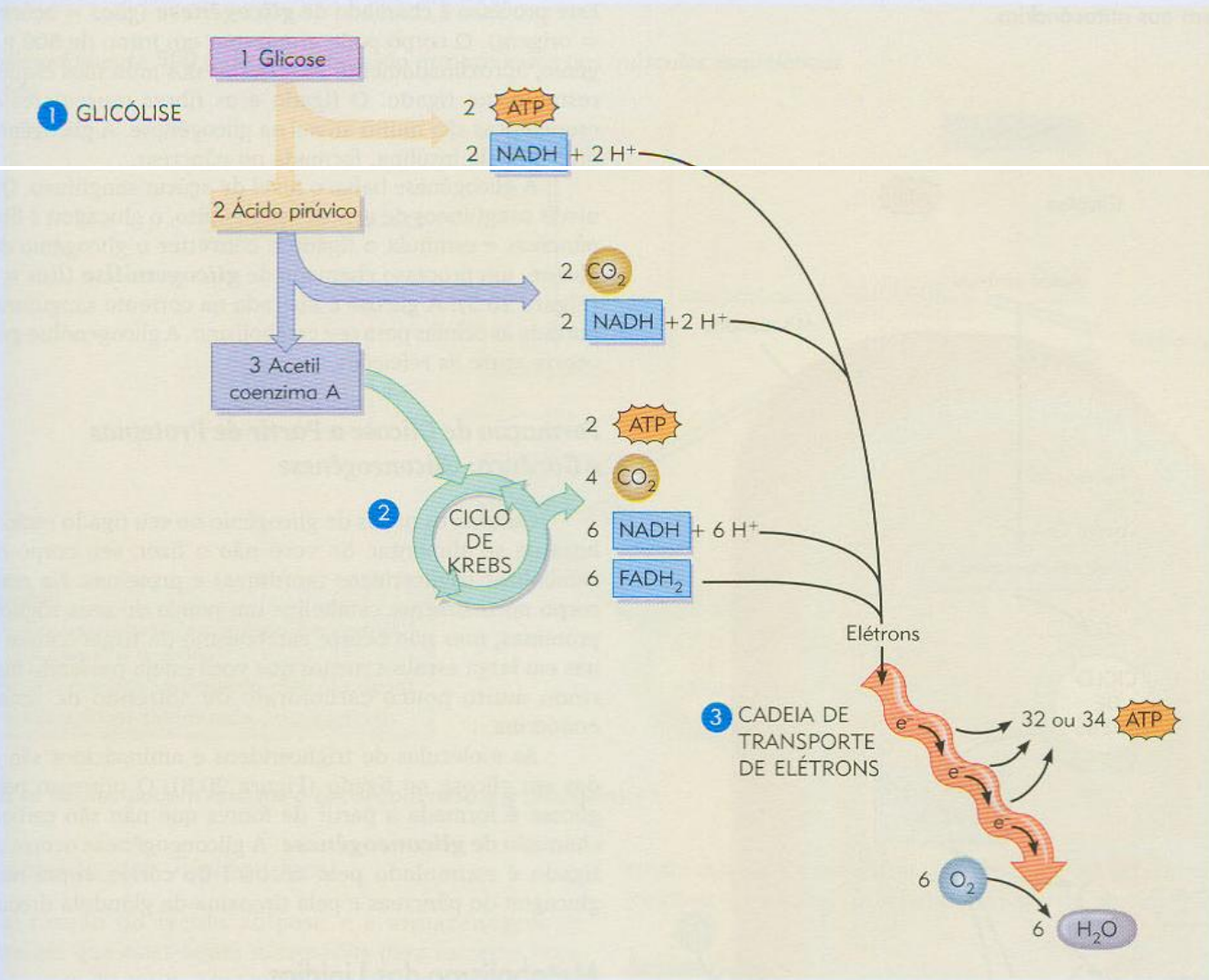
O *ciclo de Krebs* é uma série de reações de oxirredução que ocorrem nas mitocôndrias. Entretanto, para que o ácido pirúvico entre no ciclo de Krebs, ele primeiro deve ser transformado em um grupo acetil e combinado com a coenzima A (CoA), para então formar uma substância chamada de ***acetil coenzima A*** (aceti lCoA) (veja a figura 20.3). Nesta etapa, a coenzima NADH + H^+ (portadora de energia) mais o dióxido de carbono (CO_2) são produzidos.

Durante o ciclo de Krebs, uma série de reações de oxirredução degrada a acetil CoA, libera CO_2, produz uma substância chamada de trifosfato de guanosina (GTP) e reduz várias coenzimas (NADH + H^+ e $FADH_2$). (FAD é a forma oxidada, $FADH_2$ é a forma reduzida.) O CO_2 é transportado pelo sangue até os pulmões, onde ele é exalado. O GTP é um composto de alta energia que é utilizado para transformar ADP em ATP (o GTP é o equivalente energético do ATP). As coenzimas reduzidas agora contêm a energia armazenada (potencial) que estava na glicose, no ácido pirúvico e na acetil CoA. Mas as coenzimas reduzidas primeiro devem passar pela cadeia de transporte de elétrons para que a energia fique disponível para as atividades celulares.

Cadeia de Transporte de Elétrons

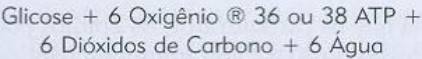
A ***cadeia de transporte de elétrons*** (veja a Figura 20.3) é também, uma série de reações de oxirredução que ocorre nas mitocôndrias e que transfere a energia que foi armazenada nas coenzimas reduzidas (NADH + H^+ e $FADH_2$) para 32 ou 34 moléculas de ATP (dependendo de quais transportadores elétricos forem utilizados na cadeia de transporte de elétrons). À medida que os NADH + H^+ e $FADH_2$ são oxidados, eles transferem seus elétrons a uma série de transportadores, sendo que esta transferência gera ATP. A energia utilizada para a produção de ATP representa somente 43% da energia originalmente armazenada na glicose, já que o restante da energia é liberada na forma de calor. Na ca-

Figura 20.3 Oxidação da glicose: respiração celular.

A oxidação da glicose envolve a glicólise, o ciclo de Krebs e a cadeia de transporte de elétrons.

Por que a produção de coenzimas reduzidas no ciclo de Krebs é importante?

deia de transporte de elétrons, o oxigênio é necessário como aceptor final de elétrons e há produção de água.

O catabolismo completo de uma molécula de glicose pode ser resumido como se segue:

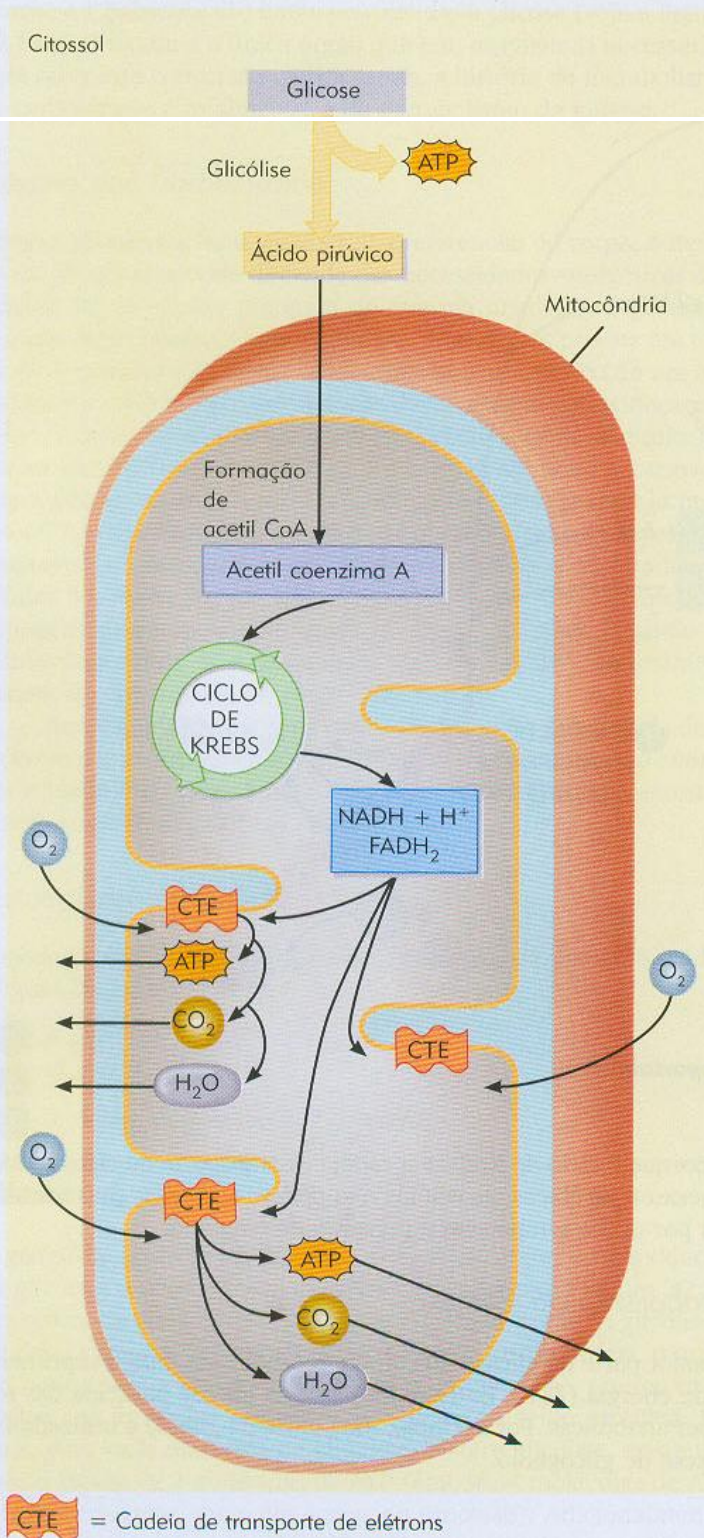
Glicose + 6 Oxigênio ® 36 ou 38 ATP +
6 Dióxidos de Carbono + 6 Água

Um resumo dos locais dos principais eventos da oxidação completa da glicose é mostrado na Figura 20.4.

A glicólise, o ciclo de Krebs e a cadeia de transporte de elétrons fornecem todo o ATP necessário para as atividades celulares. E, porque o ciclo de Krebs e a cadeia de transporte de elétrons são processos aeróbicos, as células não podem sustentar suas atividades por muito tempo sem a presença de oxigênio.

Anabolismo da Glicose

A maior parte da glicose no corpo é catabolizada para o suprimento de energia (ATP). Entretanto, parte da glicose participa das reações anabólicas. Por exemplo, uma parte da glicose é utilizada na síntese de glicogênio.

Figura 20.4 Locais dos principais eventos da oxidação completa da glicose.

Exceto pela glicólise, que ocorre no citossol, todas as outras reações envolvendo a oxidação completa da glicose ocorrem nas mitocôndrias.

P ***Quantas moléculas de ATP são produzidas durante a oxidação completa da glicose?***

Armazenamento e Liberação da Glicose

Se a energia da glicose não for imediatamente necessária, ele com bina-se com muitas outras moléculas de glicose para formar um molécula de cadeia longa chamada de ***glicogênio*** (Figura 20.5) Este processo é chamado de ***glicogênese*** (*glico* = açúcar; *gênes* = origem). O corpo pode armazenar em torno de 500 g de glic gênio, aproximadamente 75% destas nos músculos esqueléticos restante, no fígado. O fígado e as fibras musculares estriad esqueléticas são muito ativos na glicogênese. A glicogênese é es mulada pela insulina, formada no pâncreas.

A glicogênese baixa o nível de açúcar sangüíneo. Quando os níveis sangüíneos de açúcar caem muito, o glucagon é liberado d pâncreas e estimula o fígado a converter o glicogênio de volta glicose, um processo chamado de ***glicogenólise*** (*lisis* = ruptura) (Figura 20.5). A glicose é liberada na corrente sangüínea e trans portada às células para seu catabolismo. A glicogenólise geralmen ocorre entre as refeições.

Formação de Glicose a Partir de Proteínas e Gordura: Gliconeogênese

Quando os níveis de glicogênio no seu fígado estão baixos, hora de se alimentar. Se você não o fizer, seu corpo começa catabolizar triglicerídeos (gorduras) e proteínas. Na realidade, corpo normalmente cataboliza um pouco de seus triglicerídeos proteínas, mas não ocorre catabolismo de triglicerídeos e prote nas em larga escala a menos que você esteja passando fome, inge rindo muito pouco carboidrato ou sofrendo de uma doença endócrina.

As moléculas de triglicerídeos e aminoácidos são convert das em glicose no fígado (Figura 20.5). O processo pelo qual glicose é formada a partir de fontes que não são carboidratos chamado de ***gliconeogênese***. A gliconeogênese ocorre quando fígado é estimulado pelo cortisol do córtex supra-renal, pel glucagon do pâncreas e pela tireoxina da glândula tireóide.

Metabolismo dos Lipídios

Objetivo: *Explicar como o corpo utiliza os lipídios.*

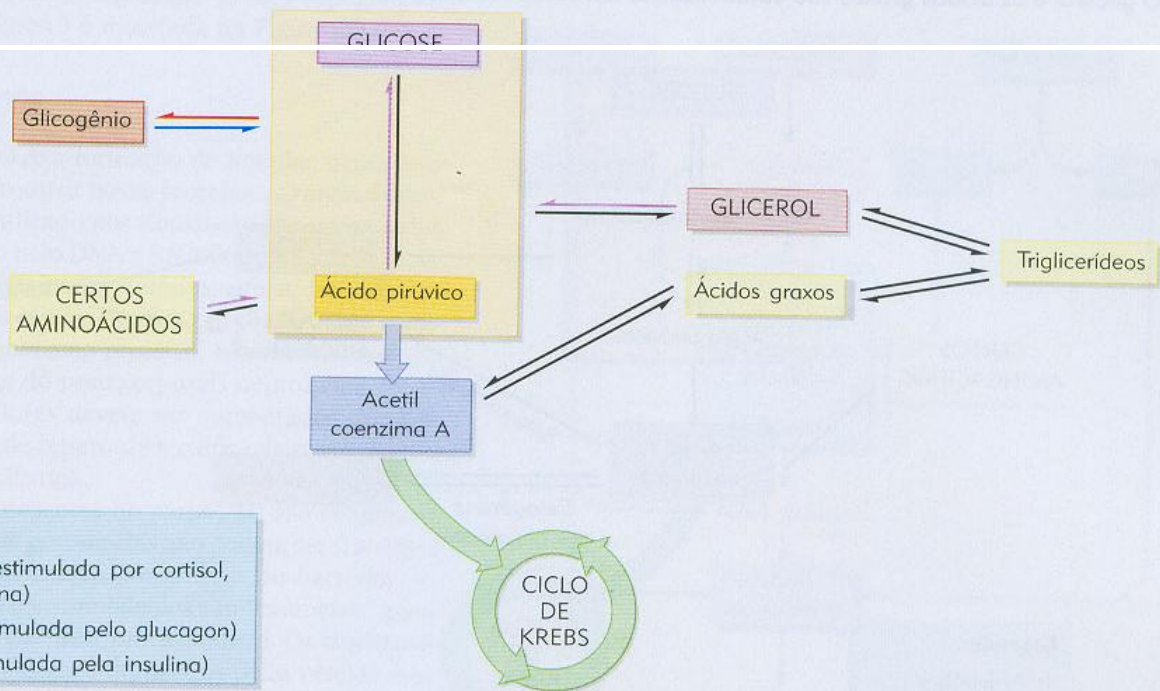
Os lipídios vêm logo após os carboidratos como fornecedores d energia. Os triglicerídeos são digeridos a ácidos graxos e a monogli cerídeos.

Destino dos Lipídios

Da mesma forma que os carboidratos, os lipídios podem ser oxid dos para a produção de ATP. Cada grama de triglicerídeos prod ao redor de 9 quilocalorias. Se o corpo não utiliza os triglicerídeo desta maneira, eles são armazenados no tecido adiposo (depósito de gorduras) e no fígado.

Outros lipídios são utilizados como moléculas estruturais o para a síntese de outras substâncias essencias. Por exemplo, o fosfolipídios são constituintes das membranas plasmáticas; as ba nhas de mielina aceleram a condução dos impulsos nervosos; e colesterol é utilizado na síntese dos sais biliares e dos hormônio esteróides.

Figura 20.5 Glicogênese, glicogenólise e gliconeogênese. A rota da glicogênese, que é a conversão da glicose em glicogênio, é estimulada pela insulina. A rota da glicogenólise, que é a conversão do glicogênio em glicose, é estimulada pelo glucagon. A gliconeogênese envolve a conversão de moléculas que não carboidratos (aminoácidos e glicerol) em glicose e é estimulada pelo cortisol, pelo glucagon e pela tireoxina.

Aproximadamente ***500 g*** ***de glicogênio são armazenados nos músculos esqueléticos*** *e fígado.*

Quais as células podem realizar a gliconeogênese e a glicogênese?

Armazenamento dos Triglicerídeos

A principal função do tecido adiposo é a armazenagem de triglicerídeos até que estes sejam necessários para fornecer energia a outras partes do corpo. Ele também é um protetor e isolante térmico. Por volta de 50% dos triglicerídeos são depositados no tecido subcutâneo.

Catabolismo dos Lipídios: Lipólise

Os triglicerídeos armazenados no tecido adiposo constituem 98% de todas as reservas energéticas do corpo. O corpo pode armazenar muito mais triglicerídeos que glicogênio. Além disso, a energia produzida à partir dos triglicerídeos é mais que duas vezes aquela dos carboidratos. Os triglicerídeos são, não obstante, a segunda fonte proferida de energia do corpo, porque eles são mais difíceis de catabolizar que os carboidratos

Glicerol

Antes que as moléculas de triglicerídeos possam ser metabolizadas para obtenção de energia, elas devem ser degradadas a glicerol e ácidos graxos, um processo chamado de ***lipólise***. Então, o glicerol e os ácidos graxos são catabolizados separadamente (Figura 20.6).

O glicerol é convertido em gliceraldeído-3-fosfato, um composto também formado durante o catabolismo da glicose. Este, então, continua a seqüência catabólica até ácido pirúvico ou transforma-se em glicose. Este é um exemplo de gliconeogênese.

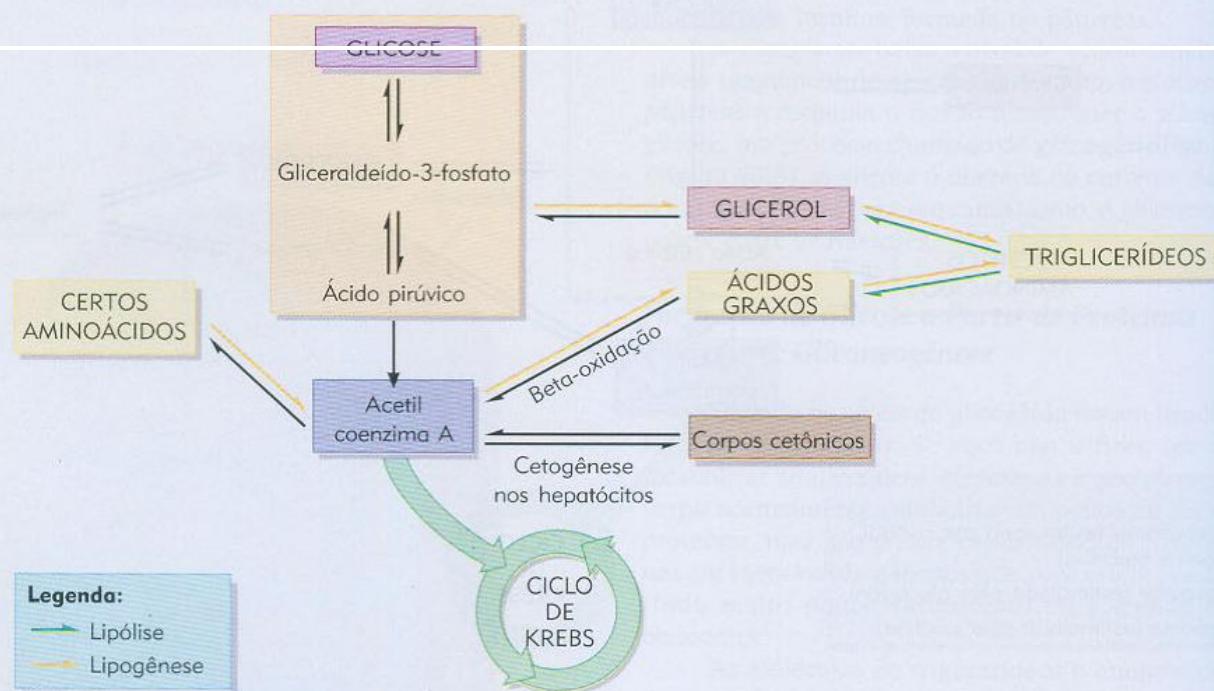
Ácidos Graxos

Os ácidos graxos são muito complexos para serem catabolizados diretamente pelas células do corpo. Eles devem passar primeiro por uma série de reações no fígado chamada de ***beta-oxidação***, que resulta em um número de moléculas de ***acetil coenzima A (acetil CoA)***. A acetil CoA pode, então, entrar no ciclo de Krebs nas células (Figura 20.6).

Como parte do catabolismo normal dos ácidos graxos, o fígado converte algumas moléculas de acetil CoA em substâncias conhecidas como ***corpos cetônicos***, um processo chamado de ***cetogênese*** (Figura 20.6). Estes, então, deixam o fígado para entrar nas células do corpo, onde são degradados à acetil CoA, que entra no ciclo de Krebs para oxidação.

Como o corpo prefere a glicose como fonte de energia, os corpos cetônicos são geralmente produzidos em quantidades muito pequenas. Quando o número de corpos cetônicos no sangue sobe acima do normal – uma condição chamada de ***cetose*** – os corpos cetônicos, a maioria dos quais são ácidos, devem ser tamponados pelo organismo. Se há um acúmulo, eles sobrecarregam os tampões corporais e o pH do sangue baixa, o que leva à acidose, que é um pH sangüíneo muito baixo, e possivelmente à morte.

Figura 20.6 Metabolismo dos lipídios. A degradação dos triglicerídeos a glicerol e a ácidos graxos é chamada de lipólise. O glicerol pode ser convertido em gliceraldeído-3-fosfato, que pode, então, ser convertido em glicose ou entrar no ciclo de Krebs para sua oxidação. Os ácidos graxos sofrem beta-oxidação e entram no ciclo de Krebs via acetil CoA. Os ácidos graxos também podem ser convertidos em corpos cetônicos (cetogênese). A lipogênese é a síntese de lipídios a partir da glicose ou de aminoácidos.

O glicerol e os ácidos graxos são catabolizados em rotas metabólicas diferentes.

Que células realizam a beta-oxidação e a cetogênese?

Anabolismo dos Lipídios: Lipogênese

Os hepatócitos e as células adiposas podem sintetizar lipídios a partir da glicose através de um processo chamado de ***lipogênese***. A lipogênese ocorre quando uma grande quantidade de carboidratos entra no corpo e pode, então, ser utilizada para energia ou armazenada como glicogênio. Os carboidratos em excesso são sintetizados em triglicerídeos. A conversão de glicose em lipídios envolve a formação de glicerol e acetil CoA, que podem ser convertidos em ácidos graxos (veja a Figura 20.5). O processo é amplificado pela insulina.

Alguns aminoácidos podem ser convertidos em acetil CoA, que então pode ser convertida em triglicerídeos (Figura 20.6). Quando existe mais proteína na dieta do que pode ser utilizada como tal, o excesso é convertido e armazenado em forma de triglicerídeos.

Metabolismo das Proteínas

Objetivo: **Explicar como o corpo utiliza as proteínas.**

Durante a digestão, as proteínas são degradadas em seus aminoácidos constituintes. Embora as proteínas possam ser catabolizadas para obtenção de energia, os aminoácidos são utilizados principalmente para síntese de novas proteínas para o crescimento e a reparação dos tecido do corpo.

Destino das Proteínas

Os aminoácidos que entram nas células são, quase que imediatamente, utilizados para a síntese de proteínas. As proteínas são usadas como componentes estruturais do corpo (colágeno, elastina e queratina) ou por motivos funcionais (actina e miosina para contração muscular, fibrinogênio para a coagulação, hemoglobina para o transporte de oxigênio, anticorpos para combater infecções e enzimas e hormônios para alteração dos estados metabólicos). Aminoácidos em excesso podem ser convertidos em triglicerídeos, glicogênio ou glicose para energia. Cada grama de proteína produz ao redor de 4 quilocalorias.

Catabolismo das Proteínas

O catabolismo protéico ocorre diariamente no corpo, embora boa parte seja apenas catabolismo parcial. As proteínas são extraídas das células desgastadas, como os eritrócitos sangüíneos, e degradadas em aminoácidos livres. Alguns aminoácidos são convertidos em outros aminoácidos, ligações peptídicas são refeitas e novas proteínas são feitas como parte da constante renovação das células.

Se outras fontes energéticas estiverem esgotadas ou inadequadas e a ingestão de proteínas for alta, o fígado pode converter proteínas em triglicerídies ou glicose ou pode oxidá-las em dióxido de carbono e água. Como com os ácidos graxos, o fígado deve

processar os aminoácidos antes que eles possam ser utilizados pelas células para obtenção de energia. O fígado remove o nitrogênio dos aminoácidos através de um processo chamado de ***desaminação***. Os ceto-ácidos resultantes podem ser convertidos em acetil CoA e utilizados para obtenção de energia no ciclo de Krebs. Os aminoácidos podem ser alterados de várias maneiras para entrar no ciclo de Krebs e podem fazê-lo em vários pontos do ciclo. A gliconeogênese a partir de aminoácidos pode ser revista na Figura 20.5. A conversão de aminoácidos em ácidos graxos (lipogênese) ou corpos cetônicos (cetogênese) é mostrada na Figura 20.6.

Anabolismo das Proteínas

O anabolismo protéico envolve a formação de ligações peptídicas entre os aminoácidos para produzir novas proteínas. O anabolismo, ou síntese, de proteínas é realizado nos ribossomos de quase todas as células corporais, dirigido pelo DNA e RNA (veja a Figura 3.15). As proteínas sintetizadas funcionam como enzimas, hormônios, componentes estruturais das células e assim por diante. Para equilibrar o catabolismo e o anabolismo protéico, recomenda-se ingerir entre 60 e 75 g (0,8 g/kg do peso corporal) de proteína diariamente. Entretanto, estes valores devem ser aumentados durante períodos de crescimento ou de reparo de tecidos tais como durante a gravidez ou após uma cirurgia.

Dos 20 aminoácidos presentes no corpo, 10 são chamados de ***aminoácidos essenciais*** porque eles não podem ser sintetizados pelo corpo. Eles são sintetizados por plantas ou bactérias, e, assim, alimentos contendo estes aminoácidos são "essenciais" para o crescimento humano e devem fazer parte da dieta. Os ***aminoácidos não-essenciais*** podem ser sintetizados pelas células e os aminoácidos essenciais e não-essenciais apropriados devem estar presentes nas células antes que a síntese protéica possa ocorrer.

Um resumo do metabolismo de carboidratos, de lipídios e de proteínas é apresentado na Figura 20.7 e no Quadro 20.1.

Figura 20.7 Resumo do metabolismo. Os carboidratos, os triglicerídeos e as proteínas entram na glicólise ou no ciclo de Krebs em vários pontos. A glicólise e o ciclo de Krebs são funis catabólicos através dos quais elétrons de alta energia provenientes de todos os tipos de moléculas orgânicas entram nas rotas de liberação de energia.

Regulação do Metabolismo

Os nutrientes absorvidos podem ser oxidados para obtenção de energia, armazenados ou convertidos em outras moléculas, de acordo com as necessidades do corpo. A rota metabólica tomada por um nutriente em particular é controlada por enzimas e regulada por hormônios. Os hormônios e as enzimas são inefetivos, entretanto, sem a presença dos minerais e vitaminas apropriados. Alguns minerais e muitas vitaminas são componentes das enzimas que catalisam as reações metabólicas.

Minerais

Objetivo: *Explicar como o corpo utiliza os minerais.*

Os ***minerais*** são substâncias inorgânicas. Eles constituem cerca de 4% do peso corporal total e estão mais concentrados no esqueleto. Os minerais que têm funções conhecidamente essenciais à vida incluem: cálcio, fósforo, sódio, cloro, potássio, magnésio, ferro, enxofre, iodo, manganês, cobalto, cobre, zinco, selênio e cromo. Outros minerais como o alumínio, o silício, o arsênico e o níquel estão presentes no corpo, mas suas funções ainda não foram determinadas.

Alguns minerais, tais como cálcio, fósforo, sódio, potássio, cloro, magnésio e enxofre são chamados de ***macrominerais*** porque são necessários na dieta em níveis de 100 mg por dia ou mais. Outros minerais, tais como o ferro, o iodo, o cobre, o zinco e o flúor, são chamados de ***microminerais*** ou ***elementos-traço*** *(residuais)* porque níveis menores que 100 mg por dia são suficientes.

O Quadro 20.2 descreve alguns minerais vitais.

Quadro 20.1 Resumo do Metabolismo

PROCESSO	COMENTÁRIO
Metabolismo de carboidratos	
Catabolismo de glicose	Oxidação completa da glicose, também chamada de respiração celular aeróbica, é a principal fonte energia (ATP) na maioria das células. Necessita da glicólise, do ciclo de Krebs e da cadeia de transporte de elétrons. A oxidação completa de uma molécula de glicose gera 36 ou 38 moléculas de ATP.
Glicólise	A conversão da glicose em ácido pirúvico produz um pouco de ATP. As reações não precisam de oxigênio e são então chamadas de respiração celular anaeróbica.
Ciclo de Krebs	Série de reações de oxirredução nas quais as coenzimas (NAD^+ e FAD) recebem átomos de hidrogênio dos ácidos orgânicos oxidados; produz um pouco de ATP. Os subprodutos são CO_2, H_2O e calor. As reações são aeróbicas.
Cadeia de transporte de elétrons	O terceiro conjunto de reações no catabolismo da glicose é uma série de reações de oxirredução, nas quais a maior parte do ATP é produzida. As reações são aeróbicas.
Anabolismo da glicose	Uma parte da glicose é convertida em glicogênio (glicogênese) para armazenagem caso não seja necessária imediatamente para produção de energia. O glicogênio pode ser convertido em glicose (glicogenólise) para obtenção de energia (ATP). A conversão de proteínas, glicerol e ácido láctico em glicose é chamada gliconeogênese.
Metabolismo de lipídios	
Catabolismo de triglicerídeos	Os triglicerídeos são degradados a glicerol e ácidos graxos. O glicerol pode ser convertido em glicose (gliconeogênese) ou catabolizado via glicólise. Os ácidos graxos são catabolizados via beta-oxidação em acetil CoA que é catabolizada no ciclo de Krebs. A acetil CoA também pode ser convertida em corpos cetônicos (cetogênese).
Anabolismo de triglicerídeos	A síntese de triglicerídeos a partir da glicose e aminoácidos é a lipogênese. Os triglicerídeos são armazenados no tecido adiposo.
Metabolismo de proteínas	
Catabolismo	Os aminoácidos são desaminados para entrar no ciclo de Krebs e são, então, oxidados. Os aminoácidos podem ser convertidos em glicose (gliconeogênese) e ácidos graxos ou corpos cetônicos.
Anabolismo	A síntese de proteínas é guiada pelo DNA e usa o RNA e ribossomos da célula

Vitaminas

Objetivo: *Explicar como o corpo utiliza as vitaminas.*

As vitaminas são nutrientes orgânicos necessários em quantidades mínimas para a manutenção do crescimento e metabolismo normais. Diferentemente dos carboidratos, dos triglicerídeos e das proteínas, as vitaminas não fornecem energia nem servem como materiais de construção. Elas regulam os processos fisiológicos servindo primariamente como coenzimas.

A maioria das vitaminas não pode ser sintetizada pelo corpo; elas devem ser ingeridas nos alimentos ou na forma de pílulas. (A vitamina D é um exemplo de uma vitamina sintetizada na pele.) Outras vitaminas, tais como a vitamina K, são produzidas por bactérias do trato gastrintestinal. O corpo pode sintetizar algumas vitaminas se as substâncias básicas chamadas de ***provitaminas*** forem fornecidas. A vitamina A é produzida pelo corpo a partir da provitamina caroteno, uma substância química presente no espinafre, na cenoura, no fígado e no leite. Não existe um alimento único que contenha todas as vitaminas de que o corpo necessita — um dos melhores motivos para ingerir-se uma dieta equilibrada.

Com base na sua solubilidade, as vitaminas são divididas em dois grupos principais: solúveis em gorduras (lipossolúveis) e solúveis em água (hidrossolúveis). As ***vitaminas lipossolúveis*** são absorvidas, junto com os lipídios ingeridos na dieta, pelo intestino delgado. Na realidade, elas não podem ser absorvidas a menos que sejam ingeridas juntamente com alguns lipídios. Vitaminas lipossolúveis são geralmente armazenadas nas células, particularmente nos hepatócitos, de tal forma que sejam mantidas reservas. As vitaminas lipossolúveis são A, D, E e K. As ***vitaminas hidros-***

Quadro 20.2 Minerais Vitais para o Corpo

MINERAL	COMENTÁRIOS	IMPORTÂNCIA
Macrominerais		
Cálcio	Cátion mais abundante no corpo. Aparece em combinação com o fósforo. Por volta de 99% está armazenado nos ossos e dentes. O restante, nos músculos, outros tecidos moles e no sangue. Absorção somente na presença de vitamina D. Fontes são leite, gema de ovo, crustáceos, vegetais de folhas verdes	Na formação de ossos e dentes, coagulação sangüínea, contração muscular e atividade nervosa, metabolismo do glicogênio, síntese e liberação de neurotransmissores, e funções como mensageiro secundário.
Fósforo	Aproximadamente 80% em ossos e dentes. Restante distribuído em músculos, células cerebrais e sangue. Mais funções que qualquer outro mineral. Fontes são laticínios, carne (bovino, frango, peixe) e nozes.	Na formação de ossos e dentes. Constitui o principal sistema de tampão do sangue. Tem papel importante na contração muscular e atividade nervosa. Componente de muitas enzimas. Envolvido na transferência e na armazenagem de energia (ATP). Componente do DNA e RNA.
Enxofre	Constituinte de muitas proteínas (tais como colágeno e insulina) e algumas vitaminas (tiamina e biotina). Fontes incluem fígado, carne (bovino, peixe, ovilho, frango), ovos, queijo e feijões.	Como componente de hormônios e vitaminas, regula várias atividades corporais. Necessário para produção de energia (ATP) na respiração aeróbica.
Sódio	Cátion mais abundante em fluidos extracelulares, parte nos ossos. A ingestão normal de NaCl (sal de cozinha) fornece as quantidades necessárias.	Afeta fortemente a distribuição de água por osmose. Faz parte do sistema de tampão bicarbonato. Função na condução de impulsos nervosos e contração muscular.
Potássio	Cátion principal no fluido intracelular. A alimentação normal fornece as quantidades necessárias.	Função na transmissão de impulsos nervosos e contração muscular.
Cloro	Encontrado nos fluidos extra e intracelular. Principal ânion do fluido extracelular. Ingestão normal de NaCl fornece as quantidades necessárias.	Assume papel no equilíbrio ácido-básico do sangue, no equilíbrio hídrico e na formação de HCl no estômago.
Magnésio	Componente de tecidos moles e ossos. Ocorre em diversos tipos de alimento, como vegetais de folhas verdes, frutos do mar e cereais integrais.	Necessário para o funcionamento normal dos tecidos muscular e nervoso. Participa na formação dos ossos. Constituinte de muitas coenzimas. Deficiencia ligada à alta taxa de colesterol no sangue, à pressão alta, a problemas na gravidez e a espasmos de vasos sangüíneos.

(Continua)

lúveis, tais como as vitaminas C e B, são absorvidas com a água trato gastrintestinal e dissolvidas nos fluidos corporais. Quantidades excessivas são excretadas na urina, não armazenadas.

O Quadro 20.3 lista as principais vitaminas, suas origens e doenças relacionadas.

tabolismo e Calor Corporal

bjetivo: *Explicar como estão relacionados o metabolismo e o r corporal.*

nsideraremos agora as relações entre os alimentos e o calor corral, o ganho e perda de calor e a regulação da temperatura corral.

Medindo o Calor

O ***calor*** é a energia que pode ser medida como ***temperatura*** e expressa em unidades chamadas de calorias. Uma ***quilocaloria*** (*kcal*) é igual a 1.000 calorias e é definida como a quantidade de calor necessário para aumentar a temperatura de 1.000 g de água em 1°C (de 14°C para 15°C, por exemplo). A quilocaloria é a unidade usada para expressar o valor calórico dos alimentos e para medir a taxa de metabolismo corporal. Assim sendo, quando dizemos que um item alimentar em particular contém 500 "calorias", na realizadade estamos nos referindo a 500 quilocalorias. Conhecer o valor calórico dos alimento é importante; se soubermos a quantidade de energia que o corpo utiliza para várias atividades, poderemos ajustar nossa ingestão alimentar. Dessa maneira podemos controlar o peso corporal pela ingestão de tão somente as quilocalorias necessárias para a manutenção das nossas atividades normais.

Quadro 20.2 Minerais Vitais para o Corpo (*Continuação*)

MINERAL	COMENTÁRIOS	IMPORTÂNCIA
Microminerais (elementos residuais ou elementos-traço)		
Ferro	66% encontrado na hemoglobina, no sangue. Restante distribuído em músculos esqueléticos, fígado, baço e enzimas. Perdas normais de ferro ocorrem pela descamação de cabelos e pêlos, células epiteliais e células de mucosas, bem como com suor, urina, fezes e bile. Fontes são carne, fígado, crustáceos, gema de ovo, feijões, legumes, frutas secas, nozes e cereais.	Encontrado na cadeia de transporte de elétrons. Como componente da hemoglobina, leva o O_2 às células do corpo. Envolvido na formação de ATP pelo catabolismo. Grandes quantidades de ferro armazenado são associadas a um risco aumentado de câncer. Isto pode relacionar-se à habilidade do ferro de catalisar a produção de radicais livres e servir como nutriente para as células de câncer.
Iodo	Componente essencial dos hormônios da glândula tireóide. Fontes são frutos do mar, óleo de fígado de bacalhau, sal iodado e vegetais produzidos em solos ricos em iodo.	Necessário para a glândula tireóide sintetizar seus hormônios, que regulam as taxas metabólicas.
Cobre	Armazenado no fígado e no baço. Fontes incluem ovos, farinha de trigo integral, feijões, beterrabas, fígado, peixe, espinafre e aspargo.	Necessário, juntamente com o ferro, para síntese de hemoglobina. Encontrado na cadeia de transporte de elétrons. Componente da enzima necessária para a formação do pigmento melanina.
Zinco	Componente importante de certas enzimas. Presente em vários tipos de alimentos, especialmente carnes.	Importante no metabolismo do dióxido de carbono. Necessário para crescimento normal e cicatrização de ferimentos, sensação normal de gustação e apetite, e número normal de espermatozóides em machos. Como um componente de peptidases, está envolvido na digestão de proteínas. A deficiência pode inibir a imunidade e retardar o processo de aprendizado. O excesso pode aumentar o nível de colesterol.
Flúor	Componente de ossos, dentes e outros tecidos.	Parece melhorar a estrutura dentária e inibir as cáries. Inibe reabsorção óssea.
Manganês	Parte armazenada no fígado e no baço.	Ativa diversas enzimas. Necessário para síntese de hemoglobina, formação de uréia, crescimento, reprodução, lactação, formação óssea e, possivelmente, produção e liberação de insulina, e inibição de danos a células.
Cobalto	Constituinte da vitamina B_{12}.	Como parte da B_{12}, necessário para formação dos glóbulos vermelhos do sangue.
Cromo	Encontrado em grandes concentrações na levedura de cerveja. Também encontrado em vinhos e algumas marcas de cerveja.	Necessário para utilização adequada dos açúcares e outros carboidratos da dieta, pela otimização da produção e dos efeitos da insulina. Auxilia no aumento dos níveis de HDL (colesterol "bom") no sangue, enquanto diminui os níveis de LDL (colesterol "ruim").
Selênio	Encontrado em frutos do mar, carne bovina e de frango, cereais, gema de ovo, leite, cogumelos e alho.	Um antioxidante. Evita quebras cromossômicas e pode assumir papel na prevenção de certos defeitos de nascença e certos tipos de câncer (esôfago).

Produção do Calor Corporal

A maior parte do calor produzido pelo corpo vem da oxidação dos alimentos ingeridos. A taxa na qual este calor é produzido – chamada de ***taxa metabólica*** – é medida em quilocalorias. Os seguintes fatores afetam a taxa metabólica:

1. **Exercícios**. Durante exercícios estenuantes, a taxa metabóliba aumenta. Ela pode aumentar até de 15 a 20 vezes a taxa normal.
2. **Sistema nervoso**. Em uma situação de estresse, o sistema nervoso simpático causa uma liberação de norepinefrina (noradrenalina), que aumenta a taxa metabólica.

Quadro 20.3 As Principais Vitaminas

VITAMINA	COMENTÁRIO E FONTE	FUNÇÕES	SINTOMAS DA DEFICIÊNCIA E DOENÇAS
Solúveis em gordura	Todas necessitam de sais biliares e alguns lipídios da dieta para sua absorção adequada.		
A	Formada a partir da provitamina beta-caroteno (e outras provitaminas) no trato gastrintestinal. Armazenada no fígado. Fontes de caroteno e outras provitaminas incluem vegetais amarelos e verdes; fontes de vitamina A incluem fígado e leite.	Mantém a saúde geral e vigor das células epiteliais. O beta-caroteno age como um antioxidante para inativar redicais livres. Seu papel potencial na prevenção de câncer está sob investigação.	Deficiência resulta em atrofia e queratinização do epitélio, levando à pele seca e cabelos secos, aumento da incidência de infecções de orelha, seios da face, respiratórias, urinárias e digestórias, inabilidade para ganho de peso, ressecamento e ulceração da córnea (*xeroftalmia*), doenças neurológicas e feridas na pele.
		Essencial para a formação de fotopigmentos, substâncias químicas sensíveis à luz nos fotorreceptores da retina.	*Cegueira noturna* ou diminuição da capacidade de adaptação ao escuro.
		Auxilia no crescimento de ossos e dentes por, aparentemente, regular a atividade de osteoblastos e osteoclastos.	Desenvolvimento lento e falho dos ossos e dentes.
D	Na presença de luz solar, a pele, o fígado e os rins formam vitamina D. Pequena quantida armazenada nos tecidos. Maioria excretada na bile. Fontes incluem óleos de fígado de peixe, gema de ovo e leite fortificado.	Essencial para absorção e utilização do cálcio e fósforo pelo trato gastrintestinal. Funciona junto com o hormônio da paratireóide (PTH) para manter a homeostase de Ca^{2+}.	Utilização defeituosa do cálcio pelos ossos leva ao *raquitismo* em crianças e à *osteomalacia* em adultos. Possível perda de tônus muscular.
E (tocoferóis)	Armazenado no fígado, no tecido adiposo e nos músculos. Fontes incluem nozes frescas e germe de trigo, óleos de semelhantes, vegetais de folhas verdes.	Acredita-se que inibe o catabolismo de certos ácidos graxos que auxiliam na formação de estruturas celulares. Envolvido na formação de DNA, RNA e e glóbulos vermelhos. Pode promover a cicatrização, contribuir para estrutura e funcionamento normal do sistema nervoso e evitar marcas de cicatrizes. Acredita-se que ajuda a proteger o fígado de substâncias tóxicas como o tetracloreto de carbono. Age como um antioxidante inativando radicais livres.	Pode causar a oxidação de gorduras monoinsaturadas, resultando em estrutura e função anormais das mitocôndrias, lisossomos e membranas plasmáticas. Uma conseqüência possível é a anemia hemolítica. Deficiência também causa distrofia muscular em macacos e esterilidade em ratos.
K	Produzida por bactérias intestinais. Armazenada no fígado e no baço. Fontes incluem espinafre, couve-flor, repolho e fígado.	Coenzima essencial para a síntese de vários fatores de coagulação no fígado, incluindo a protrombina.	Retardo no tempo de coagulação levando a sangramento excessivo.
Solúveis em água	Absorvidas juntamente com a água no trato gastrintestinal e dissolvidas nos fluidos corporais.		

(Continua)

Quadro 20.3 As Principais Vitaminas (*Continuação*)

VITAMINA	COMENTÁRIO E FONTE	FUNÇÕES	SINTOMAS DA DEFICIÊNCIA E DOENÇAS
B_1 (tiamina)	Rapidamente destruída pelo calor. Não é armazenada no corpo. Excesso é eliminado na urina. Fontes incluem produtos integrais, ovos, carne de porco, nozes, fígado e leveduras.	Atua como coenzima para muitas enzimas diferentes que estão envolvidas no catabolismo de carboidratos. Essencial para a síntese de acetilcolina.	Metabolismo de carboidratos inadequado leva a um acúmulo de ácidos pirúvico e lático e produção insuficiente de ATP para células musculares e nervosas. Deficiência leva a: (1) *beribéri*-paralisia parcial dos músculos lisos do trato gastrintestinal, causando problemas digestivos; paralisia de músculos esqueléticos; atrofia de membros; (2) *polineurite*-devido à degeneração das bainhas de mielina; reflexos diminuídos relacionados à cinestesia, ao tato deficiente, ao crescimento truncado em crianças e ao pouco apetite.
B_2 (riboflavina)	Não é armazenada em grandes quantidades nos tecidos. Maior parte excretada na urina. Pequenas quantidades fornecidas por bactérias do trato gastrintestinal. Fontes incluem leveduras, fígado, carne (bovino, vitelo, ovino), ovos, produtos integrais, aspargos, ervilhas, beterrabas e amendoim.	Componente de certas coenzimas (por exemplo, FAD) no metabolismo de proteínas e carboidratos.	Deficiência pode levar à utilização imprópria do oxigênio, resultando em visão embaçada, cataratas e ulcerações de córnea. Também dermatite e rachaduras na pele, lesões na mucosa intestinal e desenvolvimento de um tipo de anemia.
Niacina (nicotinamida)	Derivada do aminoácido triptofano. Fontes incluem leveduras, carnes, fígado, peixe, produtos integrais, ervilhas, feijões e nozes.	Componente essencial de coenzimas (como a NAD^+) nas reações de oxirredução. No metabolismo de lipídios, inibe a produção de colesterol e auxilia na degradação dos triglicerídeos.	Principal deficiência é *pelagra*, caracterizada por dermatite, diarréia e distúrbios psicológicos.
B_6 (piridoxina)	Sintetizada por bactérias do trato gastrintestinal. Armazenada no fígado, músculos, cérebro. Outras fontes incluem salmão, leveduras, tomates, milho verde, espinafre, produtos integrais, fígado, iogurte.	Coenzima essencial para o metabolismo normal de aminoácidos. Auxilia na produção de aminoácidos circulantes. Pode funcionar como coenzima no metabolismo de triglicerídeos.	Sintoma mais comum da deficiência é der-dermatite dos olhos, nariz e boca. Outros sintomas são crescimento retardado e náusea.
B_{12} (cianocobalamina)	É a única vitamina do complexo B não encontrada em vegetais; única vitamina que contém cobalto. Absorção no trato gastrintestinal depende do HCl e fator intrínseco secretado pela mucosa gástrica. Fontes incluem rins, fígado, leite, ovos, queijo, carnes.	Coenzima necessária à formação de glóbulos vermelhos, formação do aminoácido metionina, entrada de alguns aminoácidos no ciclo de Krebs e produção de colina (utilizada para sintetizar acetilcolina).	Anemia perniciosa, anomalias neuropsiquiátricas (ataxia, perda de memória, fraqueza, mudanças de humor e personalidade, sensações anormais) e atividade deficiente dos osteoblastos.
Ácido pantotênico	Armazenado principalmente no fígado e rins. Certa quantidade produzida pelas bactérias do trato gastrintestinal. Outras fontes incluem rins, fígado, leveduras, vegetais verdes, cereais.	Constituinte da coenzima A, essencial para a transferência do ácido pirúvico para o ciclo de Krebs, conversão de lipídios e aminoácidos em glicose e síntese de colesterol e hormônios esteróides.	Testes de deficiências experimentais indicam fadiga, espasmos musculares, degeneração neuromuscular, produção insuficiente de hor- neuromuscular, produção insuficiente de hor-
Ácido fólico (folato, folacina)	Sintetizado por bactérias do trato gastrintestinal. Fontes incluem vegetais de folhas verdes e fígado.	Componente de sistemas enzimáticos que sintetizam purinas e pirimidinas que fazem parte do DNA e RNA. Essencial para a produção normal de glóbulos brancos e vermelhos.	Produção de glóbulos vermelhos anormalmente grandes (anemia macrocítica). Alto risco de malformações de tubo neural em recém-nascidos filhos de mães deficientes em folato.

(Continua)

Quadro 20.3 (Continuação)

VITAMINA	COMENTÁRIO E FONTE	FUNÇÕES	SINTOMAS DA DEFICIÊNCIA E DOENÇAS
Biotina	Sintetizada por bactérias do trato gastrintestinal. Fontes incluem leveduras, fígado, gema de ovo e rins.	Coenzima essencial para conversão de ácido pirúvico em outros ácidos e síntese de ácidos graxos.	Depressão mental, dor muscular, dermatite, fadiga, náusea.
C (ácido ascórbico)	Rapidamente destruída pelo calor. Uma parte é armazenada no tecido glandular e plasma. Fontes incluem frutas cítricas, tomates e vegetais verdes.	Seu papel exato não é compreendido. Proimove muitas reações metabólicas, particularmente do metabolismo de proteínas, incluindo a disposição do colágeno na formação dotecido conjuntivo. Como coenzima, pode combinar-se se a venenos, inativando-os até a sua excreção. Trabalha com os anticorpos, promove cicatrização e funciona como antioxidante. Seu papel na prevenção do câncer está sob investigação.	Escorbuto; anemia; muitos sintomas relacionados ao crescimento e reparo inadequado do tecido conjuntivo, como gengivas doloridas e inchadas, afrouxamento dos dentes (processos alveolares também se deterioram), cicatrização deficiente, sangramento (fragilidade da parede vascular por degeneração do tecido conjuntivo) e crescimento tardio.

3. **Hormônios**. Em adição à norepinefrina (noradrenalina), muitos outros hormônios afetam a taxa metabólica. A epinefrina (adrenalina) é também secretada quando em estresse. As secreções aumentadas de hormônio da glândula tireóide aumentam a taxa metabólica. A testosterona e o hôrmônio de crescimento humano também aumentam a taxa metabólica.
4. **Temperatura corporal**. Quanto mais alta a temperatura do corpo, mais alta é a taxa metabólica. A taxa metabólica pode ser substancialmente aumentada durante a febre e os exercícios estenuantes.
5. **Ingestão de alimentos**. A ingestão de alimentos, especialmente de proteínas, pode aumentar a taxa metabólica em até 10 a 20%.
6. **Idade**. A taxa metabólica de uma criança em relação ao seu tamanho é aproximadamente duas vezes maior que uma pessoa mais velha devido às taxas de reações relacionadas ao crescimento. A taxa metabólica diminui com a idade.
7. **Outros**. Outros fatores que afetam a taxa metabólica são o sexo (menor em mulheres, exceto durante a gravidez e a lactação), o clima (maior nas regiões tropicais), o sono (menor) e a desnutrição (mais baixa).

Taxa de Metabolismo Basal

Devido aos muitos fatores que afetam a taxa metabólica, esta é medida dentro de condições padronizadas, projetadas para reduzir ou eliminar estes fatores, tanto quanto possível. Esta condição corporal é chamada de *estado basal*, e a medida obtida é chamada de ***taxa metabólica basal*** (*TMB*). A taxa metabólica basal é a medida da taxa na qual o corpo degrada os alimentos (e, dessa forma, libera calor). A TMB também é a medida da quantidade de tireoxina (da glândula tireóide) produzida, porque a tireoxina regula o estado basal.

Perda de Calor Corporal

O calor corporal é produzido pela oxidação dos alimentos ingeridos. Este calor deve ser removido continuamente ou a temperatura corporal subiria constantemente. As principais rotas de perda de calor são a irradiação, a evaporação, a convecção e a condução.

Irradiação

A ***irradiação*** é a transferência de calor de um objeto mais quente para um mais frio sem que ocorra contato físico. Seu corpo perde calor pela irradiação de ondas de calor para objetos mais frios nas proximidades tais como o teto, o chão e as paredes. Se estes objetos estão a uma temperatura mais alta, o corpo absorverá calor através da irradiação. Em descanso, aproximadamente 60% da temperatura corporal é perdida por irradiação em uma sala a 21°C (70°F).

Evaporação

A ***evaporação*** é a conversão de um líquido em vapor. Cada grama de água que evapora pela pele leva consigo calor. Ao redor de 22% do calor é perdido por meio da evaporação. Em condições extremas, aproximadamente 4 litros de suor são produzidos por hora e este volume pode remover 2.000 quilocalorias de calor do corpo. Quanto maior a umidade relativa do ar, entretanto, menor é a taxa de evaporação

Convecção

A ***convecção*** é a transferência de calor pelo movimento de um líquido ou gás entre áreas de temperaturas diferentes. Quando o ar frio faz contato com o corpo, ele se aquece e é dissipado pelas correntes de convecção. Então, mais ar fresco faz contato e é dissipado. Quanto mais rápido o ar se move, maior a taxa de convecção. Aproximadamente 15% do calor corporal é perdido para o ar por meio da convecção.

Condução

Na *condução*, o calor corporal é transferido a uma substância ou objeto em contato com o corpo, tal como uma cadeira, as roupas ou jóias. Aproximadamente 3% do calor corporal é perdido por meio da condução.

Homeostase da Regulação do Calor Corporal

Se a quantidade de calor produzido equivale à quantidade de calor perdido, você mantém uma temperatura corporal próxima a 37°C (98,6°F). Se seus mecanismos geradores de calor produzirem mais calor do que é perdido pelos seus mecanismos de perda de calor, sua temperatura corporal aumentará. Se seus mecanismos de perda de calor liberam mais calor do que é gerado, sua temperatura cairá. Uma temperatura muito alta destrói as proteínas do corpo, enquanto uma temperatura muito baixa causa arritmias cardíacas; ambos podem resultar em morte.

Termostato Hipotalâmico

A temperatura corporal é regulada por mecanismos que tentam manter a produção e a perda de calor em equilíbrio. O centro de controle para estes mecanismos tem um grupo de neurônios localizado no hipotálamo e é chamado de área ***pré-óptica***. Se a temperatura sangüínea aumenta, estes neurônios enviam impulsos mais freqüentemente. Se a temperatura sangüínea diminui, os neurônios enviam impulsos com menor freqüência.

Os impulsos são enviados para duas outras porções do hipotálamo: o ***centro de perda de calor***, que inicia uma série de respostas que baixam a temperatura, e o ***centro de produção de calor***, que inicia uma série de respostas que aumentam a temperatura corporal. O centro de perda de calor é principalmente de origem parassimpática; o centro promotor de calor é primariamente simpático.

Mecanismos de Produção de Calor

Suponha que a temperatura ambiental é baixa ou que algum fator cause uma diminuição da temperatura sangüínea (Figura 20.8). Isto causará uma queda na temperatura corporal (condição controlada) abaixo do normal. Ambos os estresses estimularão os termorreceptores na pele e no hipotálamo (receptores) que enviarão impulsos nervosos (entrada) à área pré-óptica (centro de controle). A área pré-óptica, por sua vez, ativará o centro de produção de calor (centro de controle). Como resposta, o centro de produção de calor enviará impulsos nervosos (saída) aos efetores que, automaticamente, operarão diversas respostas responsáveis pelo aumento e retenção do calor corporal, trazendo a temperatura corporal de volta ao normal. Este ciclo é um sistema de retroalimentação negativa que tenta aumentar a temperatura corporal de volta ao normal.

VASOCONSTRIÇÃO Nervos simpáticos estimulam a constrição dos vasos sangüíneos da pele. Isto diminui o fluxo de sangue mais quente dos órgãos em direção à pele, diminuindo, assim, a transferência de calor dos órgãos internos para a pele e elevando a temperatura ao normal.

ESTIMULAÇÃO SIMPÁTICA DO METABOLISMO Nervos simpáticos estimulam a medula supra-renal a secretar epinefrina (adrenalina) e norepinefrina (noradrenalina) no sangue. Os hormônios aumentam o metabolismo celular, que, por sua vez, aumenta a produção de calor.

HORMÔNIOS DA GLÂNDULA TIREÓIDE Como resultado de uma série de passos iniciados pelo centro de controle hipotalâmico, a glândula tireóide libera hormônios no sangue. Como os níveis aumentados destes hormônios aumentam a taxa metabólica, a temperatura corporal é aumentada.

MÚSCULOS ESTRIADOS ESQUELÉTICOS O estímulo do centro de produção de calor causa a estimulação das partes do encéfalo que aumentam o tônus muscular. Os *calafrios* aumentam a taxa de produção de calor. Durante a presença de calafrios intensos, a produção de calor pode aumentar em até quatro vezes a taxa normal.

Mecanismos de Perda de Calor

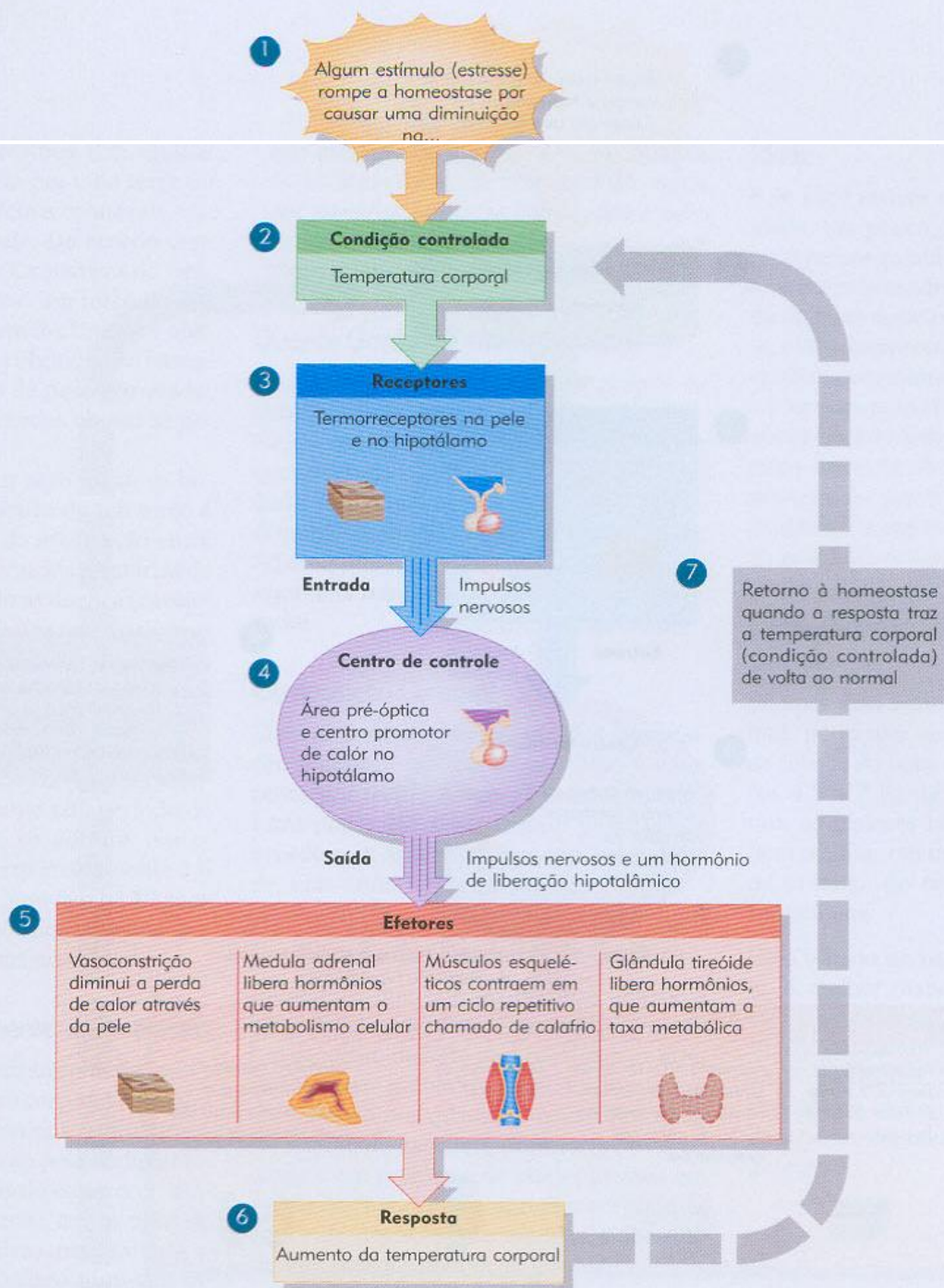
Agora suponha que algum estresse aumente a temperatura corporal (condição controlada) acima do normal (Figura 20.9). O estresse ou alta temperatura do sangue estimulará os termorreceptores (receptores) na pele e no hipotálamo que enviarão impulsos nervosos (entrada) à área pré-óptica (centro de controle). A área pré-óptica, por sua vez, estimulará o centro de perda de calor (centro de controle) e inibirá o centro de produção de calor. O centro de perda de calor enviará impulsos nervosos (saída) aos vasos sangüíneos (efetores) na pele, causando sua dilatação. A pele se torna quente e o excesso de calor é perdido para o ambiente à medida que um maior volume de sangue flui dos órgãos para a pele. Ao mesmo tempo, a taxa metabólica e os calafrios diminuem. A alta temperatura do sangue estimula as glândulas sudoríparas (efetores) para excretarem suor. À medida que a água do suor evapora da superfície da pele, esta é resfriada. Todas estas respostas revertem os efeitos da produção de calor e diminuem a temperatura corporal (resposta). Isto trás a temperatura corporal de volta ao normal.

Febre

A ***febre*** é uma temperatura corporal anormalmente alta. A causa mais freqüente da febre é a infecção por bactérias e as viroses. Outras causas são ataque cardíaco, tumores, destruição de tecidos por raios X, cirurgia ou traumas e reações à vacinas. Acredita-se que o mecanismo da febre funciona da seguinte maneira: quando os fagócitos ingerem certas bactérias, eles secretam uma substância química que circula até o hipotálamo e induz os neurônios da área pré-óptica a secretar prostaglandinas. As prostaglandinas reinicializam o termostato hipotalâmico em uma temperatura mais alta, e os mecanismos de reflexos reguladores de temperatura agirão, então, para trazer a temperatura corporal a seus novos níveis (mais altos). A aspirina (AAS®), o acetaminofen (Tylenol®) e o ibuprofeno (Advil®) reduzem a febre pela inibição da síntese de prostaglandinas. (A febre também pode ser reduzida pelo resfriamento periférico usando-se toalhas frias.)

Suponha que, como resultado da febre, o termostato corporal é elevado a 39,4°C (103°F). Agora os mecanismos de produção de calor (vasoconstrição, metabolismo aumentado, tremores) estão operando a toda força. Assim sendo, mesmo que a temperatura esteja aumentando acima dos valores normais – digamos, 38°C (101°F) – a pele permanece fria e ocorrem calafrios. Esta condição, chamada de ***calafrio***, é um sinal definitivo que a temperatura corporal está aumentando. Após muitas horas, a temperatura cor-

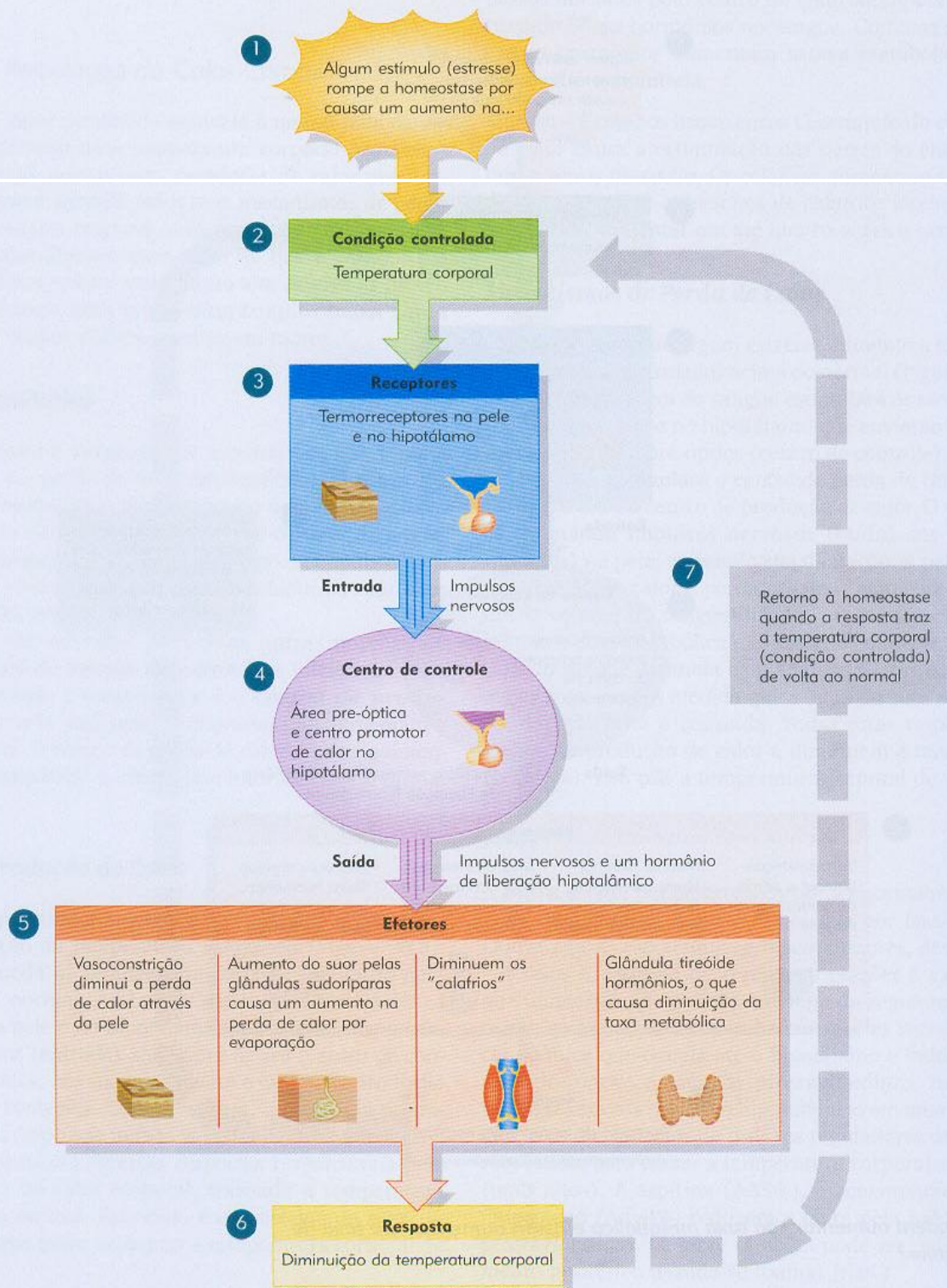
Figura 20.8 Mecanismos de retroalimentação negativa que promovem a produção de calor.

Quando estimulado, o centro da produção de calor no hipotálamo aumenta a temperatura corporal.

Que fatores podem aumentar sua taxa metabólica e assim aumentar sua taxa de produção de calor?

...ral atinge o novo padrão do termostato e desaparecem os calafrios. Mas a temperatura corporal continuará a regular a temperatura a 39,4°C (103°F) até que o estresse seja removido. Quando o estresse é removido, o termostato é reajustado ao normal – 37°C (98,6°F). Os mecanismos de perda de calor (vasodilatação e sudorese) são iniciados para diminuir a temperatura corporal. A pele se torna quente e a pessoa começa a suar. Esta fase da febre é chamada de *crise* e indica que a temperatura corporal está diminuindo.

Até um certo ponto, a febre tem um efeito benéfico para o corpo. Acredita-se que altas temperaturas corporais inibam o crescimento de algumas bactérias. A febre também aumenta a freqüência cardíaca de tal forma que os glóbulos brancos são enviados ao local da infecção mais rapidamente e suas secreções são aumenta-

Figura 20.9 Mecanismos de retroalimentação negativa que promovem a perda de calor.

Quando estimulado, o centro da perda de calor no hipotálamo diminui a temperatura corporal.

Que mecanismos produzem a perda de calor corporal?

das. Adicionalmente, a produção de anticorpos e a proliferação de linfócitos T são aumentadas. Também, o calor acelera a taxa de reações químicas que podem auxiliar no auto-reparo mais rápido das células durante uma doença. Estre as complicações da febre estão a desidratação, a acidose e o dano cerebral permanente. Como regra geral, a morte ocorre se a temperatura corporal atinge 44-46°C (112-114°F). No outro lado da balança, a morte ocorre quando a temperatura cai para 21 a 24°C (70-75°F).

foco no bem-estar

Quanta Gordura É Gordura Demais?

Os norte-americanos têm muitos benefícios por viverem em uma terra de plenitude. Um dos efeitos colaterais, entretanto, é a obesidade. De acordo com o Centro Nacional de Estatísticas da Saúde dos Estados Unidos, um terço da população adulta nos Estados Unidos é obesa. A determinação da obesidade é baseada na tabelas-padrão de peso-por-idade. Mulheres são consideradas obesas se pesarem
120 % ou mais de seu peso ideal; os homens, 124%. A estatística de um terço é alarmante por causa da associação entre a obesidade e muitas causas primárias de mortalidade, incluindo as doenças cardiovasculares e câncer. Outro motivo de preocupação vem das tendências de peso em anos recentes. Há apenas 15 anos atrás, "somente" 25% dos adultos norte-americanos eram obesos, o que significa que houve um aumento de 32% na incidência da obesidade durante este período de 15 anos. Em média, os adultos norte-americanos pesam aproximadamente 3,6 kg a mais do que eles pesavam há 10 anos atrás. As taxas de obesidade estão aumentando também nas crianças.

A Obesidade É Realmente um Problema?

Muitos estudos encontraram associações entre o excesso de peso corporal e problemas de saúde em homens e mulheres. Problemas associados ao peso incluem hipertensão, altos níveis de colesterol, diabete tipo II, aterosclerose, certos tipos de câncer, artrites, pedras na vesícula e doenças lombares. O risco aumenta de forma dose-dependente (linear): quanto maior o excesso de peso, maior será o risco. O ganho de peso típico experimentado por muitos norte-americanos – entre 9 e 13,5 kg – aumenta substancialmente os riscos para a saúde. Por exemplo, um estudo encontrou que mulheres que aumentaram entre 10 e 18 kg após os 18 anos de idade têm risco de morte por doenças cardíacas 70% maior e risco de câncer 20% maior que mulheres que tenham mantido seu peso.

Quanta Gordura É Muita Gordura?

Enquanto estudos de grandes grupos de indivíduos apoiam a relação entre a obesidade e os riscos para a saúde, é difícil dizer quanta gordura é gordura demais para um dado indivíduo. As únicas normas gerais disponíveis são as tabelas de idade x peso. Adicionalmente à consulta às tabelas, os seguintes assuntos deveriam ser considerados.

Composição Corporal

Mais importante que o peso é a composição corporal: quanto de seu peso é composto por tecido adiposo? Pessoas musculosas podem-se achar "muito pesadas" de acordo com as tabelas, quando, na realidade, elas estão muito saudáveis.

Localização dos Depósitos de Gordura

Indivíduos que portam gordura adicional no tronco, apresentam maiores riscos de hipertensão, diabete tipo II e doenças arteriais do que indivíduos cuja gordura extra se encontra nos quadris e coxas. Entretanto, obesidade nas partes inferiores do corpo ainda é um problema de saúde; pessoas em forma de "pêra" ainda apresentam maiores riscos de doenças relacionadas à obesidade que pessoas com peso normal.

História Médica e História Médica Familiar

A perda de peso é especialmente importante para pessoas que apresentem problemas de saúde relacionados à obesidade ou histórico familiar destas doenças.

Idade

E se você estiver com mais de 70 anos de idade, um pouco acima do peso, mas aparentemente saudável, com a pressão, lipídios e açúcares sangüíneos normais? A perda de peso neste caso não é, provavelmente, muito importante. De fato, muitos nutricionistas recomendam uma reserva de 4,5 a 7 kg para pessoas acima dos 70 anos para ajudá-las a resistir aos desgastes causados pelas doenças. Pessoas submetidas à quimioterapia, por exemplo, apresentam um prognóstico melhor se estiverem um pouco acima do seu peso normal.

Estabelecendo Objetivos Realistas de Peso

Se você está bem acima de seu peso normal, pode não ser realista voltar ao peso de tabela. As boas novas são que os primeiros 4,5 a 7 kg de peso perdidos apresentam os maiores benefícios à saúde, e podem resultar em uma redução significativa da pressão, do colesterol e dos açúcares sangüíneos.

Uma olhada na balança pode ser frustrante. A melhor maneira de manter uma boa saúde ou aumentar sua saúde é priorizar o condicionamento físico e depois a quantidade de gordura. Cultive um estilo de vida saudável e os benefícios à saúde surgirão naturalmente, mesmo que não haja perda de peso.

Pensamento Crítico

Você pode imaginar por que as taxas de obesidade estão aumentando tão rapidamente nos Estados Unidos?

Doenças Comuns

Obesidade

A *obesidade* é definida como um peso corporal 10 a 20% acima do padrão desejável devido ao acúmulo de gorduras. Mesmo a obesidade moderada é perigosa à saúde. Ela é um fator de risco para as doenças cardiovasculares, hipertensão, doença pulmonar, diabete melito (tipo II), artrites, certos tipos de câncer (utero e colo do intestino grosso), varizes e doença da vesícula biliar.

Inanição

A *inanição* é caracterizada pela perda dos depósitos de energia na forma de glicogênio, triglicerídeos e proteínas. Ela pode surgir devido a uma ingestão inadequada de nutrientes ou uma inabilidade digestiva, de absorção ou de metabolização dos mesmos. A inanição pode ser voluntária, como no jejum ou anorexia nervosa, ou involuntária, como na privação ou nas doenças (tais como diabete melito e câncer).

Fenilcetonúria (PKU)

A *fenilcetonúria* ou *PKU* é um erro genético do metabolismo caracterizado por elevados níveis sangüíneos do aminoácido fenilalanina. Ela está freqüentemente associada à deficiência mental. O adoçante artificial Aspartame (Nutrasweet®) contém fenilalanina. Seu consumo deve ser evitado em crianças com PKU porque elas não são capazes de metabolizá-la (a fenilalanina) e ela pode produzir danos nos neurônios.

Fibrose Cística (FC)

A *fibrose cística (FC)* é uma doença hereditária das glândulas exócrinas que afeta o pâncreas, as vias respiratórias e as glândulas salivares e sudoríparas. É a doença genética letal mais comum em caucasianos (brancos); acredita-se que 5% da população seja portador genético. Uma das características mais proeminentes da FC é o bloqueio dos ductos pancreáticos de tal forma que as enzimas digestivas não podem atingir o intestino delgado. Como o suco pancreático contém a principal enzima digestiva de gorduras, a pessoa não absorve as mesmas e as vitaminas lipossolúveis, e sofre, dessa forma, de doenças por deficiência das vitaminas A, D e K.

Resumo dos Estudos

Nutrientes (p. 463)

1. Os nutrientes são substâncias químicas nos alimentos que fornecem energia, atuam como unidades fundamentais na formação de novos componentes do corpo, servem como moléculas de armazenagem ou auxiliam no funcionamento de vários processos corporais.
2. Existem seis classes principais de nutrientes: os carboidratos, os lipídios, as proteínas, os minerais, as vitaminas e a água.

Regulação da Ingestão de Alimentos (p. 463)

1. Dois centros no hipotálamo estão relacionados à regulação da ingestão de alimentar: o centro da fome e o centro da saciedade. O centro da fome está constantemente ativo mas pode ser inibido pelo centro da saciedade.
2. Entre os estímulos que afetam os centros da fome e da saciedade estão a glicose, os aminoácidos, os lipídios, a temperatura corporal, a distensão gástrica e a colecistocinina (CCK).

Orientação para uma Alimentação Saudável (p. 463)

1. Especialistas em nutrição sugerem uma dieta de calorias de 50 a 60% provenientes dos carboidratos, 30% ou menos das gorduras e 12 a 15% de proteínas, embora não se conheça com certeza os níveis ideais de cada um destes nutrientes.
2. A pirâmide de alimentos mostra quantas porções dos cinco grupos de alimentos deve-se ingerir diariamente para obtenção de uma determinada quantidade de calorias e variedade de nutrientes necessária para o bem-estar.

Metabolismo (p. 465)

1. O metabolismo refere-se a todas as reações químicas do corpo e tem duas fases: o catabolismo e o anabolismo.
2. O anabolismo consiste de uma série de reações de síntese a partir das quais pequenas moléculas são unidas para formar os componentes estruturais e funcionais do corpo. As reações anabólicas usam energia.
3. O catabolismo refere-se às reações de decomposição que fornecem energia.
4. As reações anabólicas requerem energia, que é proporcionada pelas reações catabólicas.
5. As reações metabólicas são catalisadas por enzimas, que são proteínas que aceleram as reações químicas sem modificarem-se a si mesmas.
6. A oxidação refere-se à remoção de elétrons e íons de hidrogênio de uma molécula. A oxidação libera energia.
7. A redução é o oposto da oxidação; as duas estão sempre acopladas.

Metabolismo dos Carboidratos (p. 466)

1. Durante a digestão, os polissacarídeos e os dissacarídeos são convertidos em monossacarídeos, que são transportados ao fígado.
2. O metabolismo dos carboidratos consiste, primariamente, do metabolismo da glicose.

Destino dos Carboidratos (p. 466)

1. Uma parte da glicose é oxidada nas células para fornecer energia; ela se move para o interior das células por difusão facilitada; a insulina estimula o movimento da glicose para dentro das células.
2. A glicose excessiva pode ser armazenada pelo fígado e músculos estriados esqueléticos na forma de glicogênio ou convertida em gordura.

Catabolismo da Glicose (p. 466)

1. A oxidação da glicose é também chamada de respiração celular.
2. A oxidação completa da glicose em CO_2 e H_2O envolve a glicólise, o ciclo de Krebs e a cadeia de transporte de elétrons.

Glicólise (p. 466)

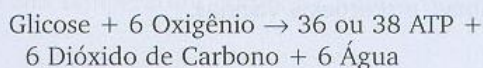
1. A glicólise é também chamada de respiração anaeróbica porque ela ocorre sem a presença de oxigênio.
2. A glicólise refere-se à degradação da glicose em duas moléculas de ácido pirúvico. Ela ocorre no citossol.
3. Quando o oxigênio está em falta, o ácido pirúvico é convertido em ácido lático; em condições aeróbicas, o ácido pirúvico entra no ciclo de Krebs.
4. A glicólise produz um total de duas moléculas de ATP e duas moléculas de NADH + H^+.

Ciclo de Krebs (p. 466)

1. O ciclo de Krebs ocorre na mitocôndria e começa quando o ácido pirúvico é convertido em acetil coenzima A.
2. Então, uma série de oxidações e reduções de vários ácidos orgânicos ocorre; coenzimas (NADH + H^+ e $FADH_2$) são reduzidas.
3. A energia originalmente na glicose e então no ácido pirúvico está agora localizada nas coenzimas reduzidas.

Cadeia de Transporte de Elétrons (p. 467)

1. A cadeia de transporte de elétrons é uma série de reações de oxirredução que ocorre na mitocôndria, na qual a energia das coenzimas é liberada e transferida ao ATP para armazenagem.
2. A oxidação completa da glicose pode ser representada como se segue:

Glicose + 6 Oxigênio → 36 ou 38 ATP +
6 Dióxido de Carbono + 6 Água

Anabolismo da Glicose (p. 468)

1. A conversão de glicose em glicogênio para armazenagem no fígado e nos músculos estriados esqueléticos é chamada de glicogênese. Ela ocorre em grande escale no fígado e nas fibras musculares estriadas esqueléticas (células) e é estimulada pela insulina.
2. O corpo pode armazenar aproximadamente 500 g de glicogênio.
3. A conversão de glicogênio de volta à glicose é chamada glicogenólise; ela ocorre entre as refeições.
4. A gliconeogênese é a conversão de moléculas de gordura e proteína em glicose.

Metabolismo dos Lipídios (p. 468)

1. Os lipídios vêm depois dos carboidratos como fonte de energia.
2. Durante a digestão, os triglicerídeos são degradados em ácidos graxos e glicerol.

Destino dos Lipídios (p. 469)

1. Uma parte dos triglicerídeos pode ser oxidada para a produção de ATP.
2. Outra parte é armazenada no tecido adiposo.
3. Outros lipídios, ainda, são utilizados como moléculas estruturais ou na síntese de moléculas essenciais. Exemplos incluem os fosfolipídios das membranas plasmáticas, lipoproteínas que transportam o colesterol, tromboplastina para a coagulação sangüínea e colesterol usado na síntese dos sais biliares e hormônios esteróides.

Armazenamento dos Triglicerídeos (p. 469)

1. Os triglicerídeos são armazenados no tecido adiposo.
2. A maior parte dos depósitos ocorre na tela (camada) subcutânea.

Catabolismo dos Lipídios: Lipólise (p. 469)

1. Os triglicerídeos devem ser degradados em ácidos graxos e glicerol antes que eles possam ser catabolizados.
2. O glicerol pode ser convertido em glicose pela conversão em gliceraldeído-3-fosfato.
3. Os ácidos graxos são catabolizados por meio da beta-oxidação, produzindo acetil coenzima A, que entra então no ciclo de Krebs.
4. A formação de corpos cetônicos pelo fígado é uma fase normal do catabolismo dos ácidos graxos, mas um excesso de corpos cetônicos, chamado de cetose, pode causar acidose.

Anabolismo dos Lipídios: Lipogênese (p. 470)

1. A conversão de glicose ou aminoácidos em lipídios é chamada de lipogênese.
2. O processo é estimulado pela insulina.

Metabolismo de Proteínas (p. 470)

1. Durante a digestão, as proteínas são degradadas em aminoácidos.
2. O anabolismo e o catabolismo de proteínas deve ser equilibrado por meio de uma ingestão diária de proteínas para evitar uma deficiência protéica.

Destino das Proteínas (p. 471)

1. Os aminoácidos que entram nas células são, quase que imediatamente, utilizados na síntese protéica.
2. As proteínas funcionam como enzimas, hormônios, elementos estruturais e assim por diante; são armazenadas como gordura ou glicogênio; ou são utilizadas para o fornecimento de energia.

Catabolismo das Proteínas (p. 471)

1. Antes que os aminoácidos possam ser catabolizados, eles devem ser convertidos em substâncias que possam entrar no ciclo de Krebs.
2. Os aminoácidos podem também ser convertidos em glicose, ácidos graxos e corpos cetônicos.

Anabolismo das Proteínas (p. 471)

1. A síntese de proteínas é dirigida pelo DNA e RNA e realizada nos ribossomos.
2. Antes que a síntese protéica possa ocorrer, todos os aminoácidos essenciais e não-essenciais devem estar presentes na célula.

Regulação do Metabolismo (p. 471)

1. Os nutrientes absorvidos podem ser oxidados, armazenados ou convertidos, baseado nas necessidades do corpo.
2. A rota metabólica tomada por um determinado nutriente é controlada por enzimas e regulada por hormônios.

Minerais (p. 472)

1. Os minerais são substâncias inorgânicas que auxiliam na regulação dos processos corporais. Eles são classificados como macrominerais e microminerais.
2. Os minerais que participam de funções essenciais são cálcio, fósforo, sódio, cloro, potássio, magnésio, ferro, enxofre, iodo, manganês, cobalto, cobre, zinco, selênio e cromo. Suas funções estão resumidas no Quadro 20.2.

Vitaminas (p. 472)

1. As vitaminas são nutrientes orgânicos que mantêm o crescimento e o metabolismo normais. Muitas participam nos sistemas enzimáticos.
2. Vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K) são absorvidas junto com os lipídios.
3. Vitaminas hidrossolúveis (B, C) são absorvidas junto com a água.
4. As funções e as deficiências das principais vitaminas estão resumidas no Quadro 20.3.

Metabolismo e a Temperatura Corporal (p. 477)

1. Uma quilocaloria (kcal) é a quantidade de energia necessária para aumentar a temperatura de 1.000 g de água em 1°C, de 14 para 15°C, por exemplo.
2. A quilocaloria é a unidade de calor utilizada para expressar o valor calórico dos alimentos e para medir a taxa de metabolismo corporal.

Produção do Calor Corporal (p. 477)

1. A maior parte do calor corporal é resultado da oxidação dos alimentos ingeridos. A taxa na qual este calor é produzido é conhecida como a taxa metabólica.
2. A taxa metabólica é afetada por exercícios, sistema nervoso, hormônios, temperatura corporal, ingestão de alimentos, idade, sexo, clima, sono e desnutrição.
3. A medida da taxa metabólica em condições que minimizem os fatores de influência é chamada de taxa metabólica basal (TMB).

Perda do Calor Corporal (p. 477)

1. A irradiação é a transferência de calor de um objeto para outro sem que haja contato físico entre eles.
2. A evaporação é a conversão de um líquido em vapor, como na transpiração.
3. A convecção é a transferência de calor corporal pelo movimento do ar que foi aquecido pelo corpo.
4. A condução é a transferência de calor corporal a uma substância ou objeto em contato físico com o corpo.

Homeostase da Regulação da Temperatura Corporal (p. 478)

1. Uma temperatura corporal normal é mantida por meio de um delicado equilíbrio entre os mecanismos de produção de calor e os de perda de calor.
2. O termostato hipotalâmico existe como um grupo de neurônios (área pré-óptica) que estimula os centros de perda de calor e produção de calor, também localizados no hipotálamo.
3. Os mecanismos de produção de calor são a vasoconstrição, estimulação simpática, contração muscular esquelética e produção de tireoxina.
4. Os mecanismos de perda de calor incluem a vasodilatação, a diminuição da taxa metabólica, a diminuição das contrações musculares e a transpiração.
5. A febre é uma temperatura corporal anormalmente alta.
6. A febre é causada pela infecção por bactérias e vírus, ataques cardíacos, tumores, destruição tecidual por raios X e traumas, e reações a vacinas.

Auto-avaliação

1. Os centros da fome e da saciedade são encontrados no
   a. hipocampo b. hipotálamo c. tálamo d. córtex cerebral e. hipófase (glândula pituitária)
2. A proteína que acelera a taxa de uma reação química sem que haja alteração nela própria chama-se
   a. substrato b. complexo c. oxidante d. enzima e. redutor.
3. Faça as associações:

_____	a. Remoção de elétrons e de íons hidrogênio (h^+) de uma molécula	A. catabolismo
_____	b. A oxidação da glicose	B. anabolismo
_____	c. A conversão da glicose em ácido pirúvico	C. glicólise
_____	d. A transformação de moléculas simples em moléculas mais complexas	D. oxidação
_____	e. Adição de elétrons e íons de hidrogênio (h^+) a uma molécula	E. respiração celular
_____	f. A degradação de compostos orgânicos	F. redução

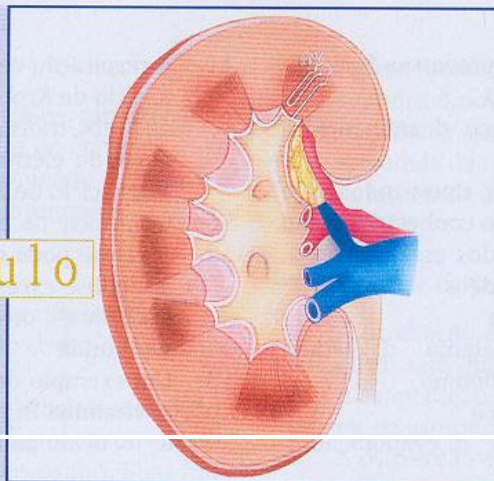
4. O processo pelo qual a glicose é formada a partir de compostos que não são carboidratos é chamado
   a. ciclo de Krebs b. glicogênese c. glicogenólise d. glicólise e. gliconeogênese
5. Qual das seguintes seqüências resume a degradação completa da glicose?
   a. glicose + 6 águas → 36 ou 38 ATP + 6 CO_2 + 6 O_2
   b. glicose + 6 oxigênios → 36 ou 38 ATP + 6 CO_2 + 6 águas
   c. glicose + ATP → 31 ou 38 CO_2 + 6 águas
   d. glicose + ácido pirúvico → 36 ou 38 ATP + 6 O_2
   e. glicose + ácido cítrico → 31 ou 38 ATP + 6 CO_2

6. Os nutrientes orgânicos que regulam os processos fisiológicos por funcionarem como coenzimas são
a. vitaminas b. minerais c. elementos-traço d. aminoácidos e. aminoácidos essenciais
7. Aqueles aminoácidos que não podem ser sintetizados pelo corpo e devem estar presentes na dieta são conhecidos como
a. coenzimas b. cetonas c. aminoácidos essenciais d. aminoácidos não-essenciais e. polipeptídeos
8. A temperatura corporal é controlada pela
a. ponte b. glândula tireóide c. hipotálamo d. medula oblonga (bulbo) e. sistema nervoso autônomo
9. A perda de calor corporal é maior devido à
a. irradiação b. condução c. convecção d. evaporação e. vasodilatação
10. Quais das seguintes fontes de combustível é secundária aos carboidratos como fonte de energia para o corpo
a. açúcares b. gorduras c. proteínas d. minerais e. vitaminas
11. A respiração celular inclui os seguintes passos na ordem
a. ciclo de Krebs, glicólise, transporte de elétrons b. ciclo de Krebs, transporte de elétrons, glicólise c. glicólise, transporte de elétrons, ciclo de Krebs d. transporte de elétrons, ciclo de Krebs, glicólise e. glicólise, ciclo de Krebs, transporte de elétrons
12. A cetose pode resultar de
a. lipólise excessiva b. lipogênese excessiva c. glicólise excessiva d. desaminação excessiva o e. glicogênese diminuída
13. Um exemplo de uma vitamina lipossolúvel é
a. vitamina B_{12} b. vitamina B_2 c. niacina d. vitamina K e. ácido pantotênico

Aplicação do Pensamento Crítico

1. Hilda está participando de aulas de aeróbica com um novo instrutor que incita os alunos a continuar o exercício até que eles sintam seus músculos "queimarem". Hilda se questiona se esta sensação de "queimar" é causada pelo ácido lático; seria mesmo exercício aeróbico? Explique a preocupação de Hilda.
2. Doreen ingere uma quantidade considerável de vitamina C diariamente. Quais são as funções da vitamina C no corpo? Ela deveria se preocupar com seu corpo estar armazenando quantidades tóxicas de vitamina C? Por que? Por que não?
3. Durante um dia quente de verão, um grupo de banhistas toma banho de sol na praia. Que mecanismos causam o aumento de sua temperatura corporal? Muitos dos banhistas eventualmente se levantam e mergulham na água fria. Que mecanismos diminuirão sua temperatura corporal?
4. Você provavelmente já ouviu o ditado "alimente o resfriado, mas mate a febre de fome". Isto faz sentido fisiologicamente? Discuta os efeitos da temperatura corporal e da ingestão de alimentos na taxa metabólica.
5. Garth sentou no banco de reservas durante um jogo de futebol agitado. Ele está se sentindo com frio até nos ossos. Liste diversas ações que podem aumentar sua temperatura corporal.
6. Muitas pessoas tomam multivitaminas e minerais diariamente. Algumas pessoas pensam que se um pouco é bom, mais é melhor. Que problemas podem ser causados por uma superdosagem de vitaminas lipossolúveis?

Respostas às Perguntas das Figuras

20.1 Leite, iogurte, queijos e carnes.
20.2 Anabólico, porque ele envolve a síntese de moléculas complexas.
20.3 As coenzimas reduzidas produzirão ATP mais tarde, na cadeia de transporte de elétrons.
20.4 36 ou 38, dependendo de quais transportadores são utilizados na cadeia de transporte de elétrons.
20.5 Células do fígado; fígado e células musculares estriadas esqueléticas.
20.6 Células do fígado.
20.8 Exercícios; sistema nervoso simpático, hormônios (epinefrina [adrenalina], hormônios da glândula tireóide, testosterona, hormônio de crescimento humano), temperatura corporal e ingestão de alimentos.
20.9 Vasodilatação, taxa metabólica diminuída, contração do músculo estriado esquelético diminuída e transpiração.

objetivos do aprendizado

1. Descrever a estrutura e o suprimento sangüíneo dos rins. 488
2. Descrever como os rins filtram o sangue e regulam seu volume, sua composição química e seu pH. 492
3. Descrever o princípio e a importância da hemodiálise. 498
4. Descrever a estrutura e as funções dos ureteres. 498
5. Descrever a estrutura e as funções da bexiga urinária. 499
6. Descrever a estrutura e as funções da uretra. 500
7. Descrever os componentes normais e anormais da urina. 500

O Sistema Urinário

uma visão geral

Ao metabolizar os nutrientes, as células do corpo produzem resíduos – dióxido de carbono, excesso de água e calor. Além disso, o catabolismo das proteínas produz impurezas nitrogenadas tóxicas como a amônia e uréia. Também, os íons essenciais como o sódio (Na^+), o cloreto (Cl^-), o sulfato (SO_4^{2-}), fosfato (HPO_4^{2-}) e o hidrogênio (H^+) tendem a acumular-se em quantidade excessiva. Todos os materiais tóxicos e o excesso de materiais essenciais devem ser excretados (eliminados) pelo corpo, de modo que a homeostase seja mantida.

Vários órgãos contribuem ao trabalho da eliminação de resíduos pelo corpo.

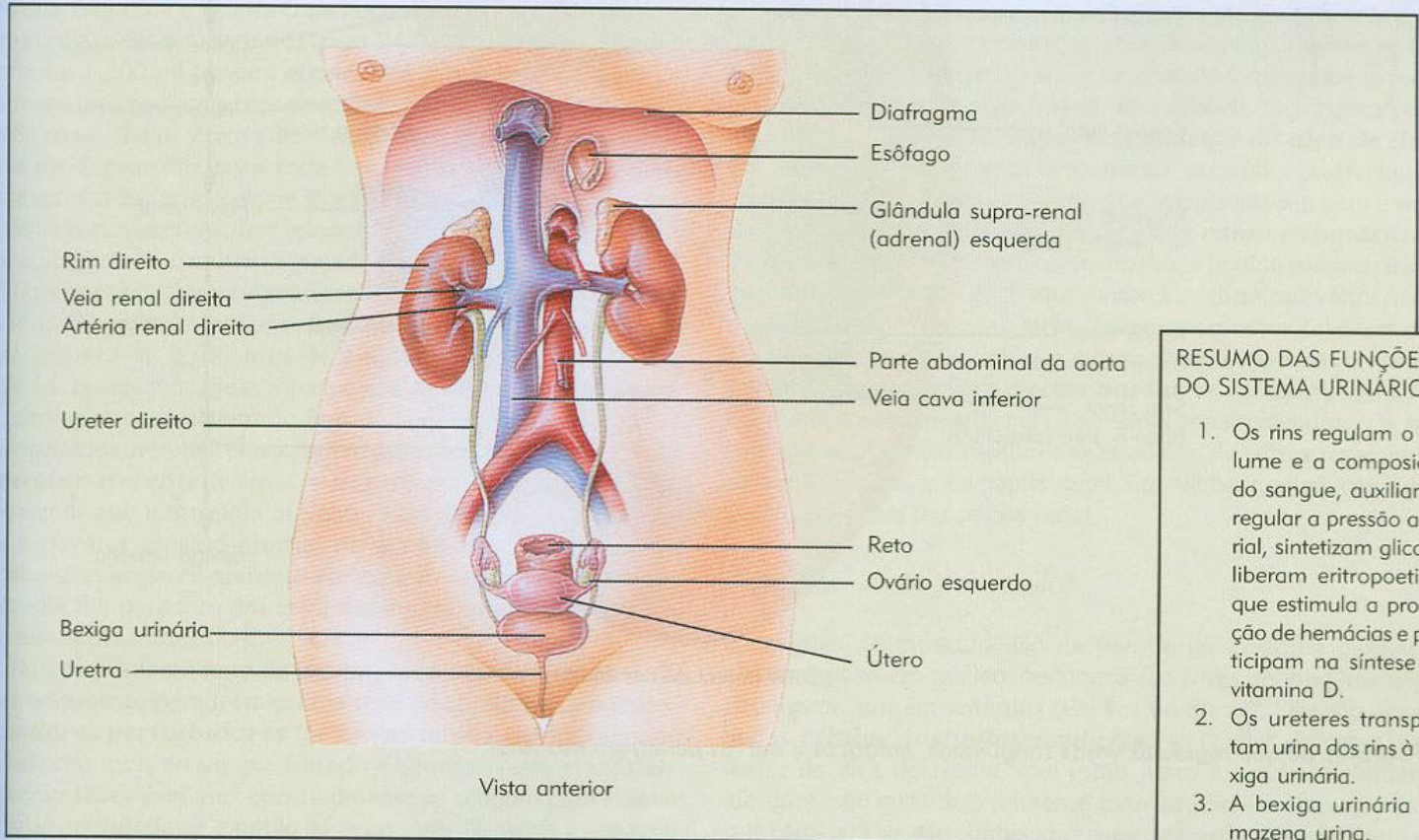
1. **Rins**. Excretam água, impurezas nitrogenadas do catabolismo das proteínas, algumas toxinas bacterianas, H^+ e sais inorgânicos (eletrólitos), mais algum calor e dióxido de carbono.
2. **Pulmões**. Excretam dióxido de carbono, calor e um pouco de água.
3. **Pele (glândulas sudoríparas)**. Excretam calor, água e dióxido de carbono, mais pequenas quantidades de sais e uréia.
4. **Trato gastrintestinal.** Elimina alimentos sólidos não-digeridos e excreta dióxido de carbono, água, sais e calor.

A principal função do ***sistema urinário*** é auxiliar na homeostase, controlando a composição e o volume do sangue. Ele faz isto removendo e restaurando quantidades selecionadas de água e solutos. Dois rins, dois ureteres, uma bexiga urinária e uma única uretra compõem o sistema (Figura 21.1).

Os rins têm várias funções:

1. **Regulação do volume e da composição do sangue**. Eles regulam a composição e o volume do sangue e removem impurezas do mesmo. No processo, a urina é formada. Eles também excretam quantidades selecionadas de várias impurezas, incluindo o excesso de H^+, que ajuda a controlar o pH do sangue.
2. **Regulação da pressão arterial**. Eles auxiliam a regular a pressão arterial, secretando a enzima renina, que ativa a via renina-angiotensina. Isso resulta em um aumento na pressão arterial.
3. **Contribuição ao metabolismo**. Os rins contribuem ao metabolismo (1) realizando gliconeogênese (síntese de novas moléculas de glicose) durante períodos de jejum ou fome, (2) secretando eritropoetina, um hormônio que estimula a produção de hemácias e (3) participando na síntese da vitamina D.

A urina é excretada por cada um dos rins através de seu ureter, sendo armazenada na bexiga urinária até ser expelida pelo corpo através da uretra. Quando os rins não funcionam corretamente para remover continuamente os resíduos, um dos resultados é a ***uremia*** (*emia* = condição do sangue), um nível tóxico de uréia no sangue.

Figura 21.1 Órgãos do sistema urinário feminino em relação às estruturas circundantes.

RESUMO DAS FUNÇÕES DO SISTEMA URINÁRIO

1. Os rins regulam o volume e a composição do sangue, auxiliam a regular a pressão arterial, sintetizam glicose, liberam eritropoetina, que estimula a produção de hemácias e participam na síntese da vitamina D.
2. Os ureteres transportam urina dos rins à bexiga urinária.
3. A bexiga urinária armazena urina.
4. A uretra elimina a urina do corpo.

Que órgãos compõem o sistema urinário?

O ramo especializado da Medicina que trata da estrutura, da função e das doenças dos sistemas urinários masculino e feminino e do sistema genital masculino é conhecido como ***nefrologia*** (*nefros* = rim; ***logos*** = estudo de). O ramo da cirurgia relacionado aos sistemas urinários masculino e feminino e ao sistema genital masculino é a ***urologia***.

Rins

Objetivo: *Descrever a estrutura e o suprimento sangüíneo dos rins.*

Os ***rins*** pareados são órgãos avermelhados em forma de grão de feijão. Eles se situam logo acima da cintura, contra a parede posterior da cavidade abdominal. Uma vez que estão fora do revestimento peritoneal da cavidade abdominal, sua posição é descrita como ***retroperitoneal*** (*retro* = atrás); outras estruturas retroperitoneais são os ureteres e as glândulas supra-renais. Os rins sã parcialmente protegidos pelo décimo-primeiro e décimo-segundo pares de costelas, e o rim direito é levemente inferior ao esquerdo, pois o fígado ocupa uma área maior no lado direito.

Anatomia Externa

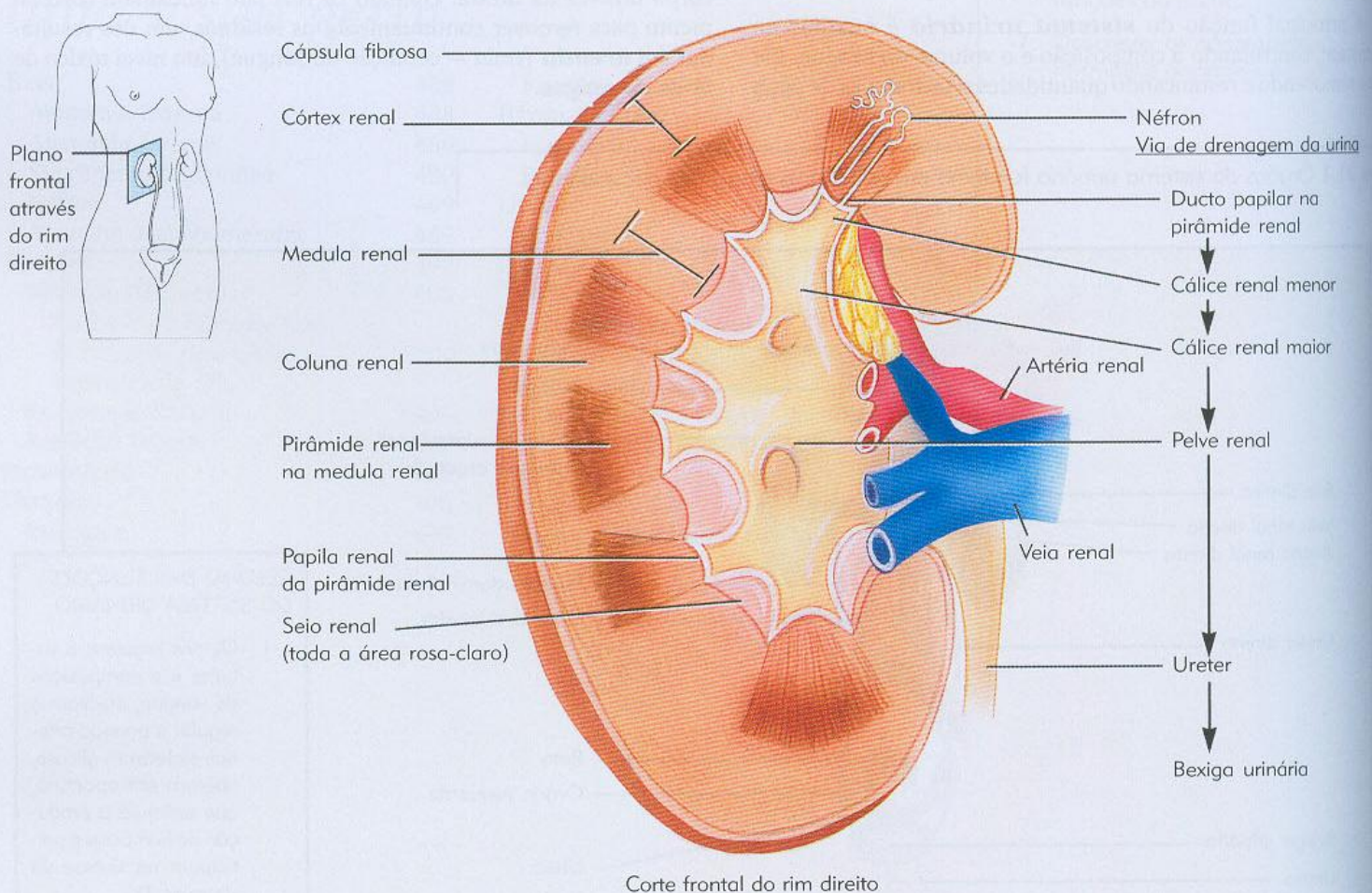
O rim adulto médio tem cerca de 10 a 12 cm de comprimento, 5 a 7,5 cm de largura e 2,5 cm de espessura. Próxima ao centro da margem medial côncava, há uma depressão denominada ***hilo renal***, através do qual o ureter deixa o rim, e os vasos sangüíneos e linfáticos e os nervos entram e saem.

Cada rim está recoberto por uma ***cápsula fibrosa***, uma membrana lisa, transparente e fibrosa que serve como uma barreira contra o trauma e a infecção (Figura 21.2). Uma massa de tecido adiposo (cápsula adiposa) circunda a cápsula renal e protege o

Figura 21.2 Anatomia interna do rim.

Os rins são recobertos pela cápsula fibrosa, pelo tecido adiposo e pela camada fina de tecido conjuntivo denso irregular.

Plano frontal através do rim direito
Cápsula fibrosa
Córtex renal
Medula renal
Coluna renal
Pirâmide renal na medula renal
Papila renal da pirâmide renal
Seio renal (toda a área rosa-claro)
Néfron
Via de drenagem da urina
Ducto papilar na pirâmide renal
Cálice renal menor
Cálice renal maior
Artéria renal
Pelve renal
Veia renal
Ureter
Bexiga urinária

Corte frontal do rim direito

P ***Através de que região os vasos sangüíneos, linfáticos e nervos penetram nos rins?***

rim e, junto com uma camada fina de tecido conjuntivo denso irregular, ancora o rim à parede do abdome posterior.

Anatomia Interna

A parte externa do rim, de aspecto granular, é uma área avermelhada denominada ***córtex renal*** (*cortex* = casca) e a parte interna estriada (listrada) é uma região marrom-avermelhada denominada ***medula renal*** (*medula* = porção central interna) (Figura 21.2). Dentro da medula renal, há 8 a 18 estruturas triangulares estriadas, as ***pirâmides renais***. As estrias são túbulos retos e vasos sangüíneos. As bases das pirâmides renais estão voltadas para o córtex renal, e suas pontas, denominadas papilas renais, estão voltadas para o centro do rim. O córtex renal estende-se nas áreas entre as ***pirâmides renais*** para formar as ***colunas renais***.

A porção funcionante de cada rim consiste de 1 (um) milhão de unidades microscópicas denominadas néfrons (descritos a seguir). A urina formada pelos néfrons drena nos ductos coletores e então nos ductos papilares maiores. Junto ao hilo renal, há uma grande bolsa cavitária denominada ***pelve renal***. A margem da pelve renal tem extensões em forma de copo denominadas ***cálices renais maiores*** e ***menores*** (*calix* = copo). Cada cálice renal menor coleta a urina dos ductos papilares nas pirâmides renais, e a transporta aos cálices renais maiores, drenando na pelve renal e saindo através do ureter.

Suprimento Sangüíneo

Os néfrons são grandemente responsáveis por remover as impurezas do sangue e regular seu conteúdo líquido e eletrolítico. Assim, são supridos abundantemente com vasos sangüíneos. As ***artérias renais*** esquerda e direita transportam cerca de um quarto do débito cardíaco total aos rins (Figura 21.3). Em repouso, aproximadamente 1.200 ml passam através dos rins a cada minuto.

Antes ou imediatamente após penetrar através do hilo renal, a artéria renal divide-se em vários ramos que penetram no rim. As artérias dividem-se em vasos cada vez menores (artérias segmentares, interlobares, arqueadas e interlobulares) que eventualmente terminam nas ***arteríolas glomerulares aferentes*** (*ad* = em direção; *ferre* = conduzir) (veja a Figura 21.4).

Uma arteríola glomerular aferente é distribuída a cada néfron, onde se divide em rede capilar enovelada denominada ***glomérulo renal*** (*glomus* = bola; *ulus* = pequeno). Os capilares dos glomérulos renais permitem a passagem de algumas substâncias, mas restringem a passagem de outras. Uma vez que o sangue é filtrado pelos glomérulos, eles se unem para formar uma ***arteríola glomerular eferente*** (*eferens* = trazer para fora), que é de diâmetro menor que a arteríola aferente. Essa variação no diâmetro ajuda a elevar a pressão arterial no glomérulo. A situação das arteríolas glomerulares aferente-eferente é única, pois o sangue usualmente flui para fora dos capilares e para dentro das vênulas, e não para outras arteríolas.

No tipo predominante de néfron, cada arteríola eferente divide-se novamente para formar uma rede de capilares, denominados ***capilares peritubulares*** (*peri* = em torno), que reabsorvem as substâncias úteis do sangue filtrado e eliminam outras substâncias por ele. Esses capilares eventualmente se reúnem para formar as vênulas peritubulares e então as veias interlobulares e segmentares. Finalmente, todas as veias entregam seu sangue às ***veias renais***.

Néfron

A unidade funcional do rim é o ***néfron*** (Figura 21.4). Os néfrons filtram o sangue; isto é, eles permitem a passagem de algumas substâncias para fora do sangue, mas restringem a passagem de outras. À medida que o líquido filtrado se move através dos néfrons, é processado ainda mais pela adição de impurezas e substâncias em excesso e o retorno de materiais úteis ao sangue. Como resultado dessas atividades dos néfrons, a urina é formada.

Um néfron consiste de duas porções: um ***corpúsculo renal*** (*corpus* = corpo; *cle* = pequeno) onde o plasma sangüíneo é filtrado, e um ***túbulo renal*** no qual o filtrado passa. Os corpúsculos renais estão todos no córtex renal. Cada corpúsculo tem duas partes – o ***glomérulo*** (rede capilar) e a ***cápsula glomerular (de Bowman)***, um copo epitelial de parede dupla que circunda o glomérulo. Sua distribuição é análoga a um punho cerrado (glomérulo) protraindo-se em um balão flácido (cápsula glomerular) até que o punho fique recoberto por duas camadas do balão, com um espaço entre elas. As células que compõem a parede interna da cápsula glomerular aderem intimamente às células endoteliais dos capilares do glomérulo. Juntas, elas formam uma ***membrana de filtração (endotelial-capsular)*** que atua como um filtro. Essa membrana permite a passagem de líquido e solutos do sangue dos glomérulos para os túbulos renais, mas restringe a passagem de células sangüíneas e moléculas grandes de proteínas.

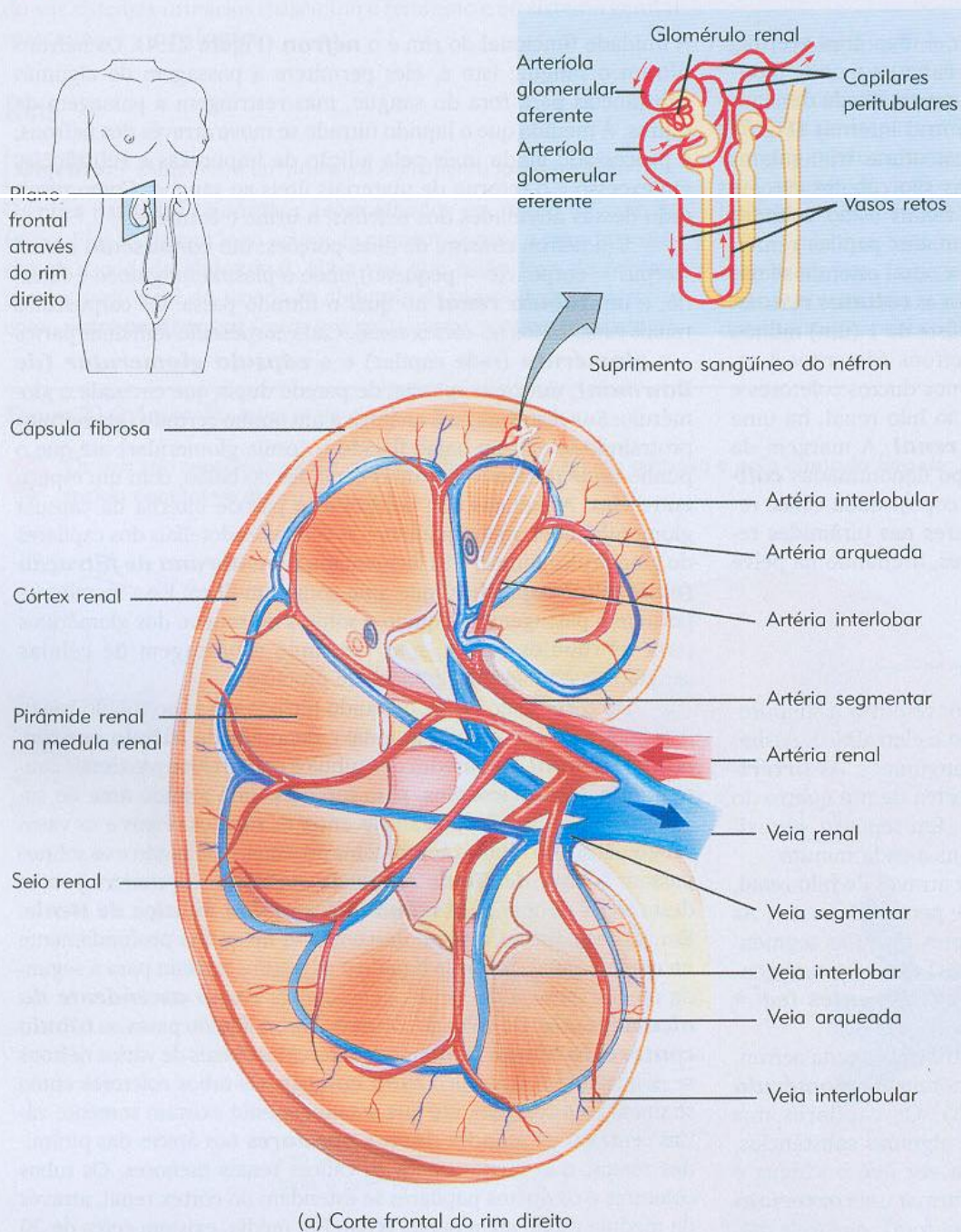
Do corpúsculo renal, o líquido filtrado passa ao túbulo renal. A primeira porção do túbulo renal é denominada ***túbulo contorcido proximal***. As paredes dos túbulos contorcidos proximais contêm numerosos microvilos, para fornecer uma grande área de superfície para troca de substâncias entre os túbulos renais e os vasos sangüíneos. Dos túbulos contorcidos proximais, o líquido e os solutos passam à ***alça de Henle (alça do néfron)***. A primeira porção desta alça é denominada ***ramo descendente da alça de Henle***. Em alguns néfrons, o ramo descendente mergulha profundamente na medula renal. Então, o líquido e os solutos passam para a segunda porção da alça de Henle, denominada ***ramo ascendente da alça de Henle***. De volta ao córtex do rim, o líquido passa ao ***túbulo contorcido distal***. Os túbulos contorcidos distais de vários néfrons se esvaziam em um único ***tubo coletor***. Os tubos coletores então se unem e convergem, até que eventualmente existam somente várias centenas de grandes ***ductos papilares*** nos ápices das pirâmides renais, que drenam para os cálices renais menores. Os tubos coletores e os ductos papilares se estendem do córtex renal, através da medula renal, até a papila renal. Em média, existem cerca de 30 ductos papilares por papila renal.

Aparelho Justaglomerular

As células de músculo liso na parede da arteríola glomerular aferente possuem núcleos redondos (ao invés de longilíneos), e o citoplasma contém grânulos (em vez de fibras). Elas são denominadas ***células justaglomerulares***. As células do ramo ascendente da alça de Henle, que estão junto à arteríola glomerular aferente, são consideravelmente mais estreitas e altas que as outras células. Elas são conhecidas como ***mácula densa***. Junto com

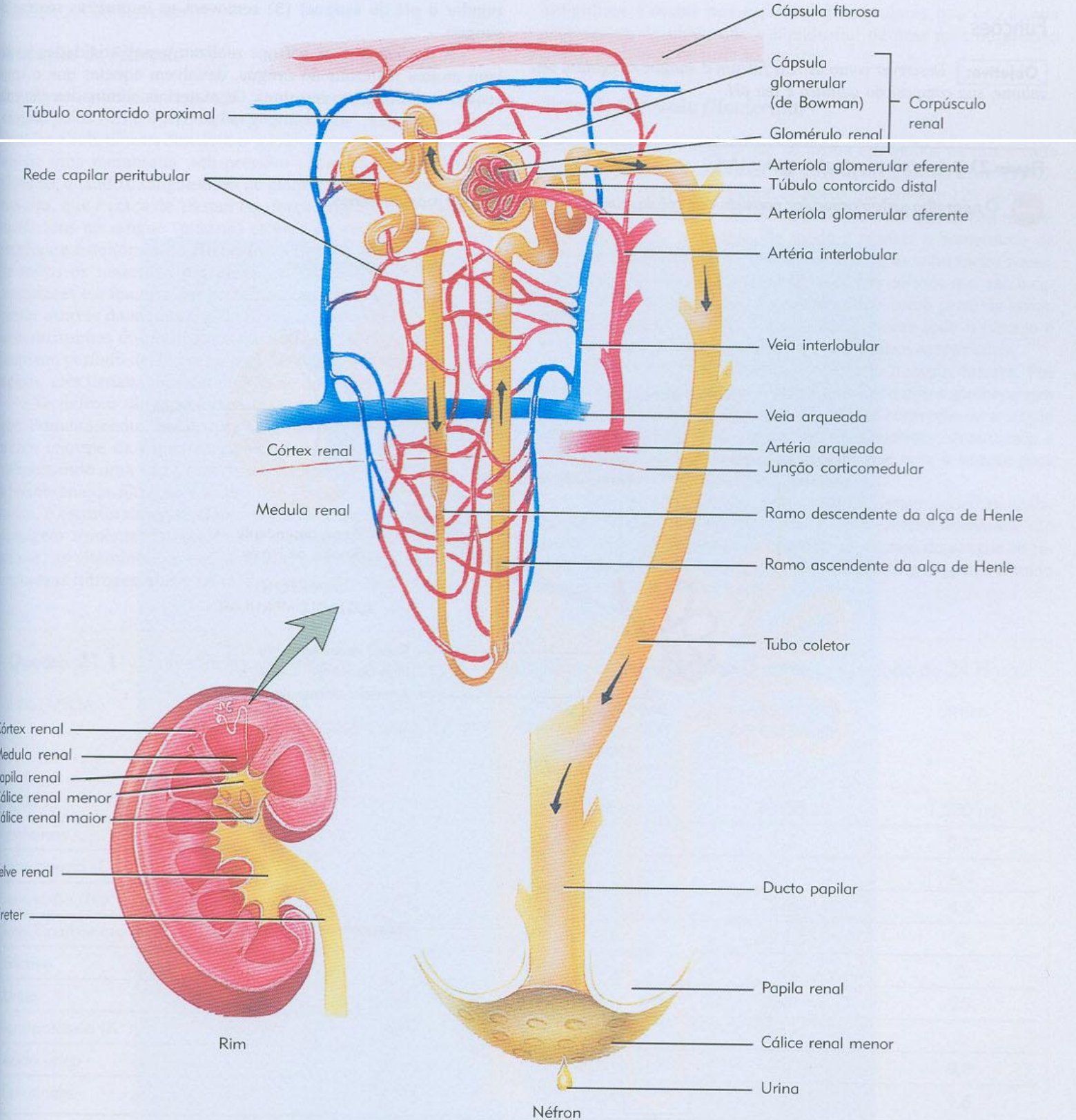
Figura 21.3 Suprimento sangüíneo do rim direito.

As artérias renais entregam cerca de 25% do débito cardíaco em repouso aos rins.

(a) Corte frontal do rim direito

(b) Trajeto do fluxo sangüíneo

Quanto sangue entra nas artérias renais a cada minuto?

Figura 21.4 Partes de um néfron e seu suprimento sangüíneo.

Os néfrons são as unidades funcionais dos rins.

Imagine que você é uma molécula de água que acabou de entrar no túbulo contorcido proximal do néfron e eventualmente irá se tornar parte da urina. Em que partes do néfron você passará (em ordem) antes de atingir a pelve renal?

as células modificadas da arteríola glomerular aferente, elas constituem o ***aparelho justaglomerular*** ou ***AJG*** (Figura 21.5), que ajuda a regular a pressão sangüínea renal. Ele será descrito a seguir.

Funções

Objetivo: *Descrever como os rins filtram o sangue e regulam seu volume, sua composição química e seu pH.*

O principal trabalho do sistema urinário é feito pelos néfrons; outras partes do sistema são primariamente vias de passagem e áreas de armazenamento. Os néfrons realizam três funções importantes: (1) controlam a concentração e o volume do sangue, removendo quantidades selecionadas de água e solutos; (2) auxiliam a regular o pH do sangue; (3) removem as impurezas tóxicas do sangue.

À medida que os néfrons realizam essas atividades, removem muitos materiais do sangue, devolvem aqueles que o corpo requer e eliminam os restantes. Os materiais eliminados são co

Figura 21.5 Aparelho justaglomerular (AJG).

O aparelho justaglomerular consiste das células justaglomerulares e da mácula densa.

Que substância secretada pelas células justaglomerulares ajuda a regular a pressão sangüínea?

tivamente denominados ***urina***. O volume total de sangue no corpo é filtrado pelos rins aproximadamente 60 vezes por dia. A formação da urina envolve três processos: (1) filtração glomerular, (2) reabsorção tubular e (3) secreção tubular.

Filtração Glomerular

Produção de Filtrado

O primeiro passo na regulação da composição e do volume do sangue pelos rins é a ***filtração glomerular***. A filtração – forçar líquidos e substâncias dissolvidas menores que certo tamanho através de uma membrana, sob pressão – começa na membrana de filtração, quando o sangue entra no glomérulo. A pressão sangüínea nos rins, que é cerca de 18 mm Hg, força a água e os componentes dissolvidos no sangue (plasma) através da membrana. O líquido resultante é denominado ***filtrado***. O filtrado glomerular consiste de todos os materiais presentes no sangue, exceto as células sangüíneas e a maioria das proteínas, que são muito grandes para passar através da membrana de filtração. O Quadro 21.1 compara os constituintes do plasma, do filtrado glomerular e da urina durante um período de 24 horas. Embora os valores mostrados sejam típicos, eles variam consideravelmente de acordo com a dieta.

Os néfrons são especialmente estruturados para filtrar o sangue. Primeiramente, cada cápsula glomerular contém um comprimento enorme de capilares glomerulares altamente enovelados, apresentando uma vasta superfície de filtração. Em segundo lugar, a membrana de filtração é muito fina e seletivamente permeável. Assim, é estruturalmente adaptada para a filtração. Ela permite a passagem somente das moléculas menores. Portanto, a água, a glicose, as vitaminas, os aminoácidos, as proteínas pequenas, as impurezas nitrogenadas e os íons passam para dentro da cápsula glomerular. As proteínas grandes e as células do sangue normalmente não passam através dela. Em terceiro, a arteríola glomerular eferente possui diâmetro menor que a arteríola glomerular aferente, de modo que usualmente existe uma resistência elevada ao fluxo de saída de sangue do glomérulo. Conseqüentemente, a pressão sangüínea é maior nos capilares glomerulares que na cápsula glomerular, de modo que o líquido flui de uma área de pressão maior para uma de pressão menor.

Taxa de Filtração Glomerular

A quantidade de filtrado que se forma em ambos os rins a cada minuto é denominada ***taxa de filtração glomerular (TFG)***. No adulto normal, esta taxa é de aproximadamente 125 ml/min – cerca de 180 litros por dia. É muito importante que os rins mantenham uma TFG constante, de modo a manter a homeostase da filtração glomerular. Se a TFG é muito alta, as substâncias necessárias passam tão rapidamente através dos néfrons que são incapazes de ser reabsorvidas, e saem do corpo como parte da urina. Por outro lado, se a TFG é muito baixa, quase todo o filtrado é reabsorvido e os rins não eliminam os resíduos apropriados.

A TFG está diretamente relacionada a vários fatores. Por exemplo, as alterações no tamanho das arteríolas glomerulares aferentes e eferentes podem alterar a TFG. A contração da arteríola aferente diminui o fluxo sangüíneo no glomérulo, diminuindo a TFG. A contração da arteríola eferente, que leva o sangue para fora do glomérulo, aumenta a TFG.

Em algumas doenças renais, como a glomerulonefrite (inflamação dos glomérulos), os capilares glomerulares tornam-se tão permeáveis que as proteínas plasmáticas passam do sangue ao filtrado. Como resultado, a água é retirada do sangue para o filtrado por osmose e a TFG aumenta.

Quadro 21.1 Substâncias Químicas no Plasma, no Filtrado Glomerular e na Urina Durante um Período de 24 Horas[a]

SUBSTÂNCIA	PLASMA[b] (QUANTIDADE TOTAL)	FILTRADO IMEDIATAMENTE APÓS PASSAR À CÁPSULA GLOMERULAR[c]	REABSORVIDO DO FILTRADO[d]	URINA
Água	3.000 ml	180.000 ml	178.500 ml	1.500 ml
Proteínas	200	2	1,9	0,1[e]
Íons cloreto (Cl^-)	10,7	639	633,7	6,3
Íons sódio (Na^+)	9,7	579,6	575	4,6
Íons bicarbonato (HCO_3^-)	4,6	274,5	274,5	0
Glicose	3	180	180	0
Uréia	48	53	28	25
Íons potássio (K^+)	0,5	29,6	27,6	2
Ácido úrico	0,15	8,5	7,7	0,8
Creatinina	0,03	1,6	0	1,6

[a] Todos os valores, exceto para a água, são expressos em gramas. As substâncias químicas estão dispostas na seqüência da maior para a menor concentração no plasma.
[b] Essas substâncias estão presentes no plasma glomerular antes da filtração.
[c] Essas substâncias saem do plasma glomerular através da membrana de filtração, antes da reabsorção.
[d] Essas substâncias são filtradas.
[e] Embora quantidades mínimas de proteína normalmente apareçam na urina, assumimos para fins de discussão que toda ela é reabsorvida do filtrado.

Um cálculo renal que bloqueie o ureter ou uma próstata aumentada, diminuem a TFG.

Regulação da TFG

A TFG é regulada por três mecanismos principais: (1) auto-regulação renal, (2) regulação hormonal e (3) regulação neural.

Auto-Regulação Renal A capacidade dos rins de manter uma pressão sangüínea e TFG constantes, apesar das alterações na pressão sangüínea sistêmica, é denominada ***auto-regulação renal***. Ela opera por um sistema de retroalimentação negativa, que envolve as células da mácula densa do aparelho justaglomerular (AJG) (Figura 21.6). Quando a TFG (condição controlada) está diminuída devido à pressão sangüínea baixa, o filtrado com baixo teor de íon sódio (Na^+), íon cloreto (Cl^-) e água flui à mácula densa (receptor). A mácula densa detecta o baixo teor de Na^+, Cl^- e água do filtrado e as células do AJG (centro de controle) diminuem sua secreção (produção) de uma substância vasoconstritora. Isto causa a vasodilatação das arteríolas glomerulares aferentes (efetores). Isso permite que mais sangue flua nos capilares glomerulares, o que aumenta a TFG (resposta) e ocasiona o retorno à homeostase.

Regulação Hormonal Dois hormônios contribuem para a regulação da TFG – angiotensina II e peptídeo natriurético atrial (PNA). A Figura 21.7 ilustra o sistema renina-angiotensina. Quando a pressão sangüínea e assim a TFG (condições controladas) diminuem, as células justaglomerulares e da mácula densa do AJG (receptores) detectam a distensão diminuída e entrega diminuída de Na^+, Cl^- e água, respectivamente. Então, as células justaglomerulares secretam uma enzima denominada ***renina*** (entrada) no sangue. No sangue, a renina atua em uma grande proteína plasmática produzida pelo fígado, denominada ***angiotensinogênio*** (centro de controle) e converte-a em angiotensina I. Quando a angiotensina I passa através dos pulmões, é convertida em ***angiotensina II***, que é um hormônio ativo.

A angiotensina II (saída) é transportada no sangue e tem ações importantes sobre vários efetores:

1. **Vasoconstrição das arteríolas**. A angiotensina II contrai a arteríola glomerular eferente (efetor), o que aumenta a pressão sangüínea glomerular (resposta) e eleva a TFG de volta ao normal.
2. **Estimulação da secreção de aldosterona pelo córtex supra-renal**. A angiotensina II estimula o córtex supra-renal (efetor) para secretar aldosterona, que aumenta a retenção de Na^+, Cl^- e água pelos rins. A retenção de água aumenta o volume sangüíneo (resposta), que restaura a pressão sangüínea e a TFG ao normal.
3. **Estimulação do centro da sede no hipotálamo**. A angiotensina II atua no centro da sede, no hipotálamo (efetor), para aumentar a ingestão de água. Isto resulta em um aumento no volume sangüíneo (resposta), que restaura a sangüínea arterial e a TFG ao normal.
4. **Estimulação da secreção de ADH pela neuro-hipófise**. A angiotensina II estimula a liberação de hormônio antidiurético (ADH) da neuro-hipófise posterior (efetor). O

Figura 21.6 Regulação por retroalimentação negativa da taxa de filtração glomerular pelo aparelho justaglomerular (AJG).

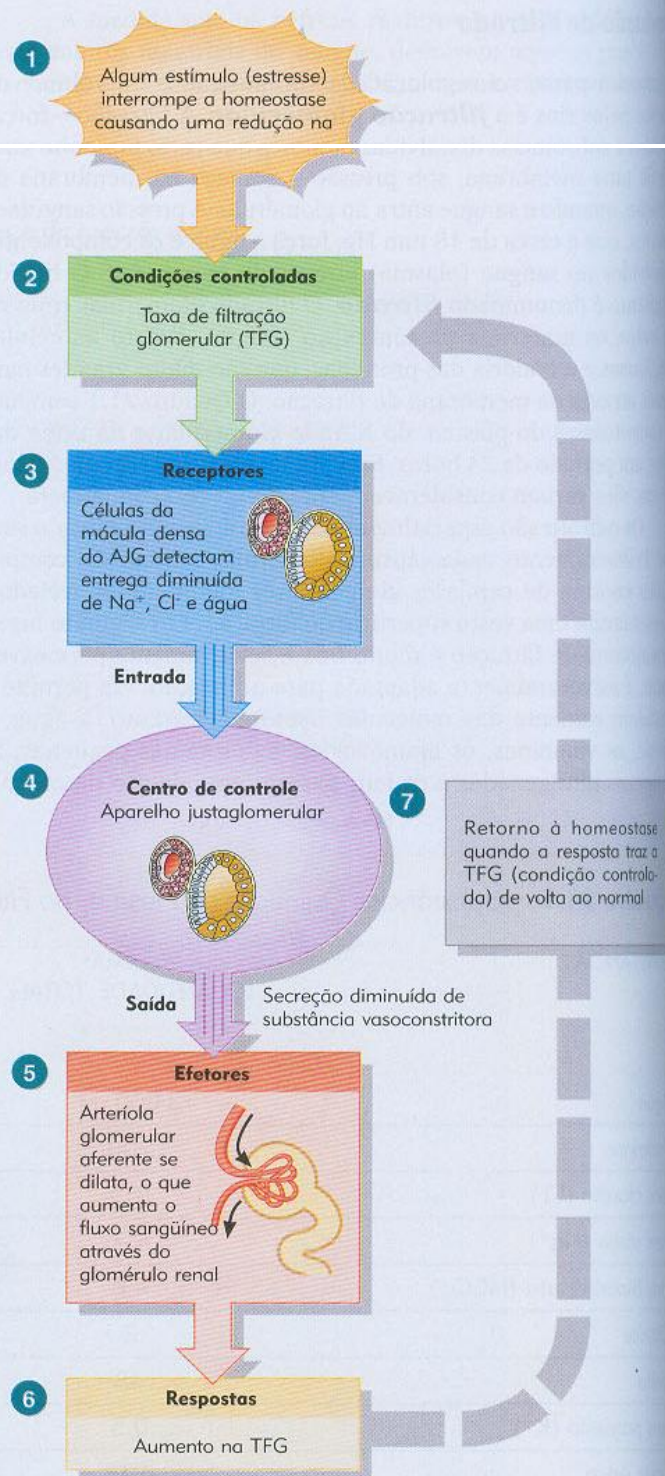
A capacidade dos rins de manter uma pressão sangüínea constante apesar das alterações nas pressões arteriais sistêmicas é denominada auto-regulação renal.

O que acontece com a TFG se a pressão sangüínea nos rins aumenta?

Figura 21.7 Sistema renina-angiotensina na regulação da pressão sangüínea e da taxa de filtração glomerular.

A angiotensina II é o hormônio ativo que atua nos receptores para produzir as respostas apropriadas.

1 Algum estímulo (estresse) interrompe a homeostase causando uma redução na

2 **Condições controladas**
Pressão sangüínea e portanto taxa de filtração glomerular (TFG)

3 **Receptores**
As células justaglomerulares do AJG detectam a distensão diminuída e as células da mácula densa do AJG detectam entrega diminuída de Na^+, Cl^- e água

Entrada Secreção aumentada de renina pelas células justaglomerulares

4 **Centro de controle**
No sangue, o angiotensinogênio é convertido em angiotensina I, que é convertida em angiotensina II

Saída Angiotensina II aumentada

5 **Efetores**

As arteríolas glomerulares eferentes se contraem	O córtex supra-renal secreta mais aldosterona	O centro da sede no hipotálamo sinaliza sede aumentada	A neuro-hipófise libera mais ADH (hormônio antidiurético)

6 **Respostas**

Aumento da pressão hidrostática glomerular	A retenção de Na^+, Cl^- e água pelos rins leva ao aumento do volume sangüíneo	O aumento na ingestão de água aumenta o volume sangüíneo	A retenção de água pelos rins leva ao aumento do volume sangüíneo

7 Retorno à homeostase quando a resposta traz a pressão sangüínea e a taxa de filtração glomerular (condições controladas) de volta ao normal

Quais enzimas e hormônios estão envolvidos nesse sistema?

ADH promove a retenção de água pelos rins e aumenta o volume sangüíneo (resposta), que restaura a pressão sangüínea e a TFG ao normal.

Em todas as suas ações, a angiotensina II ajuda a restaurar a pressão sangüínea normal, que normaliza a TFG e retorna à homeostase.

Um segundo hormônio que influencia a filtração glomerular e outros processos renais é o ***peptídeo natriurético atrial (PNA)***. Como seu nome sugere, ele é secretado por células nos átrios (câmaras superiores) do coração. O PNA promove a excreção de água (diurese) e a excreção de sódio (natriurese). A secreção do PNA é estimulada pela distensão aumentada dos átrios, como ocorre quando o volume sangüíneo aumenta. O PNA aumenta a TFG, talvez por aumentar a permeabilidade da membrana de filtração ou dilatar a arteríola glomerular aferente. Ele também suprime a secreção de ADH, aldosterona e renin.

Regulação Neural Como a maioria dos vasos sangüíneos do corpo, os vasos dos rins são supridos por fibras vasoconstritoras da divisão simpática do sistema nervoso autônomo. Em repouso, a estimulação simpática é mínima e os vasos renais estão maximamente dilatados. Com a estimulação simpática moderada, ambas as arteríolas glomerulares aferente e eferente se contraem no mesmo grau. O fluxo sangüíneo para dentro e para fora do glomérulo é inibido na mesma extensão, diminuindo a TFG apenas levemente. Com uma estimulação simpática maior, como durante o exercício hemorragia ou resposta de emergência (luta-ou-fuga), a vasoconstrição da arteríola glomerular aferente predomina, o que, por sua vez, diminui grandemente o fluxo sangüíneo glomerular e a TFG. Uma estimulação simpática forte faz a medula supra-renal secretar epinefrina (adrenalina), a qual também diminui a TFG produzindo a vasoconstrição da arteríola glomerular aferente.

Reabsorção Tubular

À medida que o filtrado passa através dos túbulos renais e tubos coletores, cerca de 99% dele são reabsorvidos de volta ao sangue dos capilares peritubulares. Assim, somente cerca de 1% do filtrado realmente sai do corpo – aproximadamente 1 a 2 litros por dia. O movimento do filtrado de volta ao sangue dos capilares peritubulares é denominado ***reabsorção tubular***. Este é o segundo passo na regulação da composição e do volume sangüíneos pelos rins.

A reabsorção tubular é conduzida por células epiteliais ao longo dos túbulos renais e tubos coletores, mas principalmente nos túbulos contorcidos proximais. Ela envolve processos como osmose, difusão e transporte ativo. A reabsorção tubular é um processo muito discriminativo pois somente quantidades específicas de certas substâncias são reabsorvidas, dependendo das necessidades corporais no momento. Os materiais que são reabsorvidos incluem a água, a glicose, os aminoácidos, a uréia e os íons como Na^+, K^+, Cl^- e HCO_3^-. A quantidade máxima de uma substância que pode ser reabsorvida sob qualquer condição é denominada ***máximo tubular (MT) da substância*** ou ***limiar renal***. A reabsorção tubular permite ao corpo reter a maioria de seus nutrientes. As impurezas como a uréia são apenas parcialmente reabsorvidas. O Quadro 21.1 compara os valores das substâncias químicas no filtrado imediatamente após passar na cápsula glomerular (de Bowman) com aqueles valores reabsorvidos do filtrado. Ele dará a você uma idéia de quanto das várias substâncias os rins reabsorvem.

A seguir, há alguns exemplos de como ocorre a reabsorção tubular. A glicose é reabsorvida por transporte ativo. Normalmente, toda a glicose filtrada pelos glomérulos (125 mg/100 ml de filtrado/min) é reabsorvida pelos túbulos contorcidos proximais. Contudo, se a concentração plasmática de glicose está acima do normal, o mecanismo de transporte da glicose não pode reabsorvê-la toda, pois excede o máximo tubular; assim, o excesso permanece na urina. Isto é denominado ***glicosúria***, um sintoma de diabete melito não-tratado.

A maioria dos íons sódio é reabsorvida pelos túbulos contorcidos proximais por transporte ativo. A reabsorção de Na^+ varia com sua concentração no líquido extracelular. Quando a concentração de Na^+ no sangue é baixa, há uma queda na pressão sangüínea e a via renina-angiotensina entra em operação (veja a Figura 21.7). Em uma parte da via, a angiotensina II estimula a secreção de aldosterona pelas glândulas supra-renais. Isso, por sua vez, aumenta a reabsorção de Na^+ e água. Por conseguinte, o volume do líquido extracelular aumenta e a pressão sangüínea retorna ao normal. Na ausência de aldosterona, o Na^+ não é reabsorvido e entra na urina para excreção.

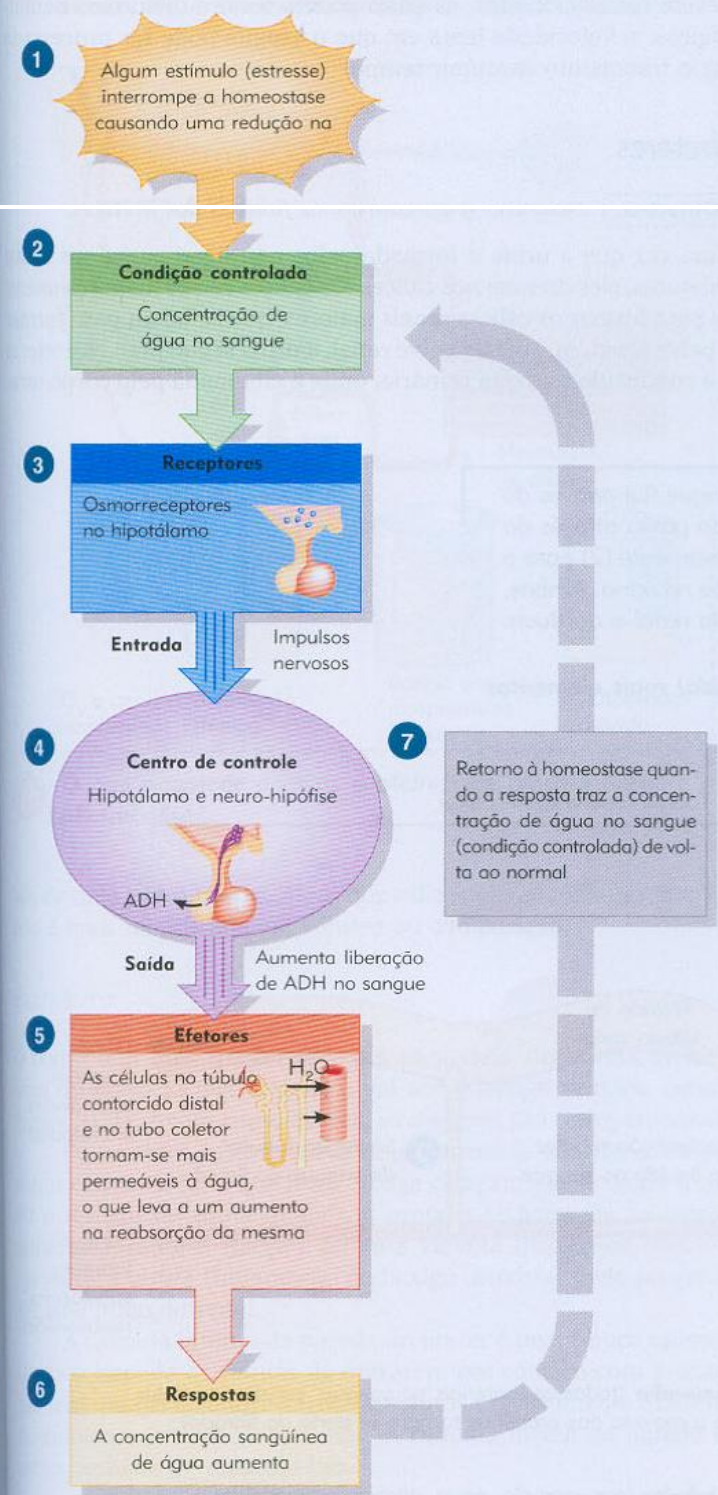
Quando o Na^+ se move para fora dos túbulos contorcidos proximais ao sangue peritubular, os íons cloreto (Cl^-), carregados negativamente, acompanham o Na^+ positivo para fora dos túbulos (cargas opostas se atraem). Assim, o movimento de Na^+ influencia o movimento de Cl^- e outros ânions para o sangue.

O Cl^-, e não o Na^+, é transportado ativamente por outras porções dos túbulos renais. O Cl^- move-se ativamente e o Na^+ segue passivamente. Quer o Na^+ se mova ativamente e o Cl^- o siga passivamente ou vice-versa, o resultado final é o mesmo.

Quase 90% da reabsorção de água ocorre junto com a reabsorção de solutos como Na^+, Cl^- e glicose. Dos 180 litros de água que passam aos túbulos contorcidos proximais por dia, esse tipo de reabsorção de água retoma cerca de 160 litros. A passagem da maioria da água restante ao filtrado pode ser regulada. Este tipo de reabsorção de água representa cerca de 10 %da água reabsorvida do filtrado. Ele é regulado principalmente pelo ADH, por meio de retroalimentação negativa, para controlar o conteúdo de água no sangue. Na ausência de ADH, porções do néfron são virtualmente impermeáveis à água, e a urina contém um grande volume hídrico. Contudo, na presença de ADH, as porções do néfron tornam-se bastante permeáveis à água.

Quando a concentração de água no sangue está baixa (condição controlada), os osmorreceptores no hipotálamo (receptores) detectam a alteração (Figura 21.8). Eles enviam impulsos nervosos (entrada) que fazem o hipotálamo e a neuro-hipófise (centro de controle) liberarem ADH no sangue. O ADH então atua nas células (efetores) que estão presentes na porção final do túbulo contorcido distal e ao longo do tubo coletor. Aqui, o ADH torna as células mais permeáveis à água, e a água se move através delas para o sangue. Quanto mais água é reabsorvida, mais aumenta a concentração de água no sangue (resposta). Assim, a condição controlada é devolvida ao normal.

Figura 21.8 Regulação por retroalimentação negativa da reabsorção de água pelo ADH.

A maior parte da reabsorção de água ocorre junto com a reabsorção de solutos como Na^+, Cl^- e glicose.

Além do ADH, que outros hormônios contribuem para a regulação da reabsorção de água?

Examine o Quadro 21.2 para ver onde várias substâncias são absorvidas à medida que passam através de diferentes partes do néfron.

Secreção Tubular

O terceiro processo envolvido na regulação da composição e do volume sangüíneos pelos rins é a ***secreção tubular***. Enquanto a reabsorção tubular remove as substâncias do filtrado para o sangue, a secreção tubular adiciona materiais ao filtrado provenientes do sangue. A secreção tubular ocorre nas células epiteliais ao longo dos túbulos renais e tubos coletores. As substâncias secretadas incluem os íons potássio (K^+), hidrogênio (H^+) e amônio (NH_4^+), creatinina, uréia e certas drogas, como a penicilina. A secreção tubular tem duas funções principais, livrar o corpo de certos materiais e ajudar a controlar o pH do sangue.

A secreção de K^+ é muito importante. Se a concentração de K^+ no plasma se aproximar do dobro, distúrbios no ritmo cardíaco podem desenvolver-se. Em concentrações maiores, pode haver uma parada cardíaca.

O corpo deve manter o pH normal do sangue (7,35 a 7,45) mesmo que uma dieta normal forneça mais alimentos produtores de ácidos que de álcalis. Para elevar o pH do sangue, isto é, para torná-lo mais alcalino, os túbulos renais secretam H^+ no filtrado, o que normalmente também acidifica a urina. Como resultado da secreção de H^+, a urina normalmente tem um pH de 6.

Examine o Quadro 21.2 para ver onde várias substâncias são secretadas à medida que passam através das diferentes partes de um néfron.

Quadro 21.2 Resumo da Filtração, da Reabsorção e da Secreção

PROCESSO	REGIÃO E SUBSTÂNCIA ENVOLVIDA
Filtração glomerular	Corpúsculo renal (membrana de filtração): O sangue nos capilares glomerulares sob pressão resulta na formação de um filtrado que contém água, glicose, alguns aminoácidos, Na^+, Cl^-, HCO_3^-, K^+, uréia, ácido úrico, creatinina e outros solutos na mesma concentração que o plasma. As proteínas plasmáticas e os elementos celulares do sangue normalmente não passam através das membranas de filtração e não são encontrados no filtrado.
Reabsorção tubular	Túbulo renal (principalmente túbulo contorcido proximal) e tubo coletor: Os materiais reabsorvidos incluem água, glicose, aminoácidos, uréia, Na^+, K^+, Cl^- e HCO_3^-.
Secreção tubular	Túbulo renal e tubo coletor: Os materiais secretados incluem K^+, H^+, NH_4^+, creatinina, uréia e algumas drogas (por exemplo, penicilina).

O Quadro 21.2 e a Figura 21.9 resumem a filtração glomerular, a reabsorção tubular e a secreção tubular nos néfrons.

Hemodiálise

Objetivo: *Descrever o princípio e importância da hemodiálise.*

Se os rins estão prejudicados por doença ou lesão de tal forma que são incapazes de excretar as impurezas e regular o pH, e a concentração de eletrólitos e água no plasma, o sangue deve ser filtrado por meios artificiais. O processo é denominado ***hemodiálise*** (*hemo* = sangue) e um rim artificial é usado (Figura 21.10).

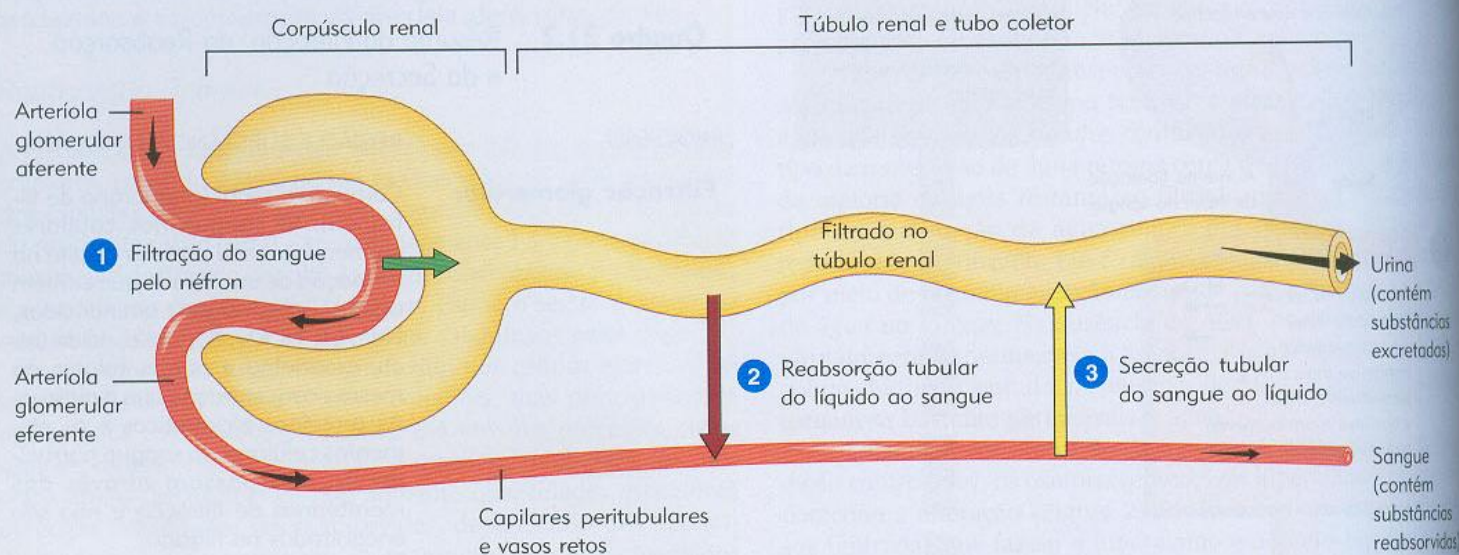
O sangue do paciente flui através de tubos feitos de membranas de diálise seletivamente permeáveis. À medida que o sangue flui através dos tubos, os resíduos se difundem do sangue à solução de diálise ou *dialisado*, que circunda a membrana de diálise. Além disso, se os nutrientes são fornecidos na solução, podem difundir-se do dialisado ao sangue. O dialisado é substituído continuamente para manter os gradientes de concentração favoráveis entre a solução e o sangue. Após passar através do tubo de diálise, o sangue retorna ao corpo. Ao remover as impurezas do sangue, a membrana de diálise realiza uma das principais funções do rim. A hemodiálise é realizada normalmente três vezes por semana. Cada sessão dura várias horas. Existem problemas sérios com a hemodiálise. As células do sangue podem ser lesadas e anticoagulantes devem ser adicionados, os quais podem levar a distúrbios hemorrágicos. A velocidade lenta em que o sangue pode ser processado faz o tratamento consumir tempo.

Ureteres

Objetivo: *Descrever a estrutura e as funções dos ureteres.*

Uma vez que a urina é formada pelos néfrons e passa aos tubos coletores, eles drenam nos cálices. Os cálices renais menores unem-se para formar os cálices renais maiores, que se unem para formar a pelve renal. Através da pelve renal, a urina segue para os ureteres e é conduzida à bexiga urinária, onde é eliminada pelo corpo através

Figura 21.9 Resumo das funções de um néfron. (1) À medida que o sangue flui através do glomérulo, é filtrado pela membrana de filtração. À medida que o filtrado passa através do túbulo renal e do tubo coletor, certos componentes são reabsorvidos seletivamente (2) para o sangue e outras substâncias são secretadas (3) no filtrado, para eliminação na urina. Ambas, a reabsorção e a secreção ocorrem em vários pontos ao longo do túbulo renal e do ducto coletor.

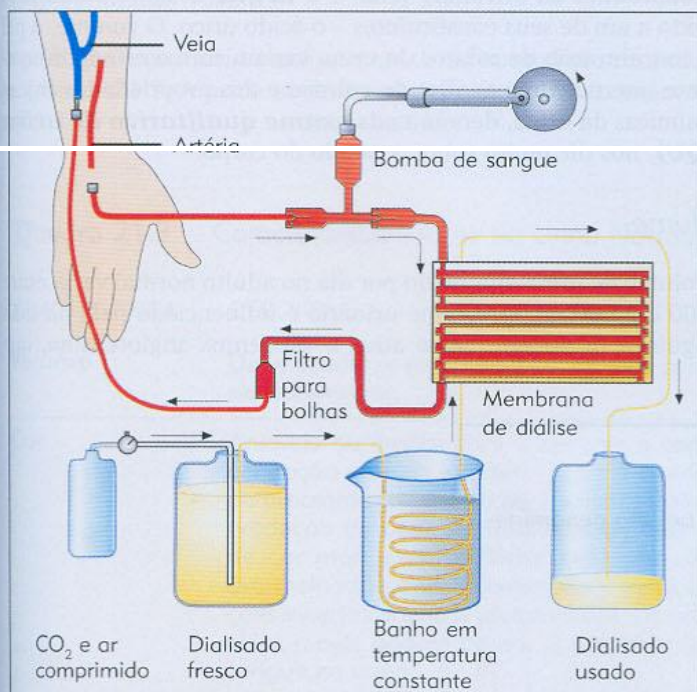
O sangue é um tecido conjuntivo que consiste de plasma (líquido) mais elementos figurados (eritrócitos, leucócitos e plaquetas).

1 **Filtração glomerular** (todos os materiais no sangue, exceto as células sangüíneas e a maioria das proteínas tornam-se parte do filtrado)

2 **Reabsorção tubular** (por exemplo, água, glicose, aminoácidos, uréia, Na^+, K^+, Cl^- e HCO_3^-)

3 **Secreção tubular** (por exemplo, K^+, H^+, uréia e creatinina)

P *Que estruturas reabsorvem e/ou secretam os íons?*

Figura 21.10 Operação de um rim artificial. A via do sangue é indicada em vermelho e azul. A via do dialisado é indicada em dourado.

A diálise é a separação de partículas grandes das menores através de uma membrana seletivamente permeável.

O que acontece com as proteínas do plasma durante a hemodiálise?

vés de uma única uretra. Além dos cálices renais menores, a urina não é mais modificada em volume ou composição.

Estrutura

O corpo tem dois ***ureteres*** – um para cada rim. Cada ureter é uma extensão da pelve renal e vai até a bexiga urinária (veja a Figura 21.1). Assim como os rins, os ureteres são retroperitoneais.

Os ureteres passam sob a bexiga urinária quando cheia por vários centímetros, o que faz a bexiga comprimí-los e assim impedir o refluxo de urina quando a pressão se acumula na bexiga urinária durante a micção. Se esta válvula fisiológica não está operante, a cistite (inflamação da bexiga urinária) pode progredir até uma infecção renal.

A camada interna da parede do ureter é uma túnica mucosa. O muco impede as células de entrarem em contato com a urina, que tem um pH e concentração de solutos drasticamente diferente do ambiente interno das células. A camada média da parede do ureter consiste de músculo liso.

Funções

A principal função dos ureteres é transportar urina da pelve renal à bexiga urinária. A urina é transportada primariamente por contrações peristálticas das paredes musculares dos ureteres, mas a pressão hidrostática e a gravidade também contribuem.

Bexiga Urinária

Objetivo: *Descrever a estrutura e as funções da bexiga urinária.*

A ***bexiga urinária*** é um órgão muscular oco situado na cavidade pélvica, posteriormente à sínfise púbica. No homem, ela está diretamente na frente do reto. Na mulher, ela está na frente da vagina e abaixo do útero. Ela é um órgão livremente móvel, mantido em posição por pregas do peritônio. A forma da bexiga depende de quanta urina ela contém. Quando vazia, ela parece um balão vazio. Ela se torna esférica quando levemente distendida e, à medida que o volume urinário aumenta, assume forma de pêra e ascende na cavidade abdominal.

Estrutura

No fundo da bexiga urinária, há uma pequena área triangular, o ***trígono*** (*trigonium* = triângulo) (Figura 21.11). A abertura da uretra (óstio interno da uretra) está no ápice desse triângulo. Nos dois pontos da base do triângulo, os ureteres drenam na bexiga urinária.

A túnica mucosa da bexiga urinária contém epitélio de transição, que é capaz de se distender – uma grande vantagem para um órgão que deve expandir-se e retrair continuamente. Rugas (pregas na túnica mucosa) também estão presentes. A túnica muscular da parede consiste de três camadas de músculo liso. Em torno da abertura da uretra há um ***esfíncter interno da uretra***, composto de músculo liso. A abertura e o fechamento desse esfíncter são involuntários. Abaixo do esfíncter interno, está o ***esfíncter externo da uretra***, que é composto de músculo esquelético e é uma modificação do músculo transverso profundo do períneo. Dentro de limites, a abertura e o fechamento do esfíncter são voluntários. O revestimento mais externo, a túnica serosa, é formado pelo peritônio que recobre a superfície superior do órgão; o restante tem um revestimento fibroso.

Funções

A urina é expelida pela bexiga urinária por um ato denominado ***micção*** (*micturere* = urinar). Ela é realizada por uma combinação de impulsos nervosos involuntários e voluntários similares à defecação.

A capacidade média da bexiga urinária é de 700 a 800 ml. Quando a quantidade de urina na bexiga excede 200 a 400 ml, os receptores de distensão na parede vesical transmitem impulsos à porção inferior da medula espinhal. Estes impulsos, por meio de vias sensitivas ao córtex cerebral, iniciam um desejo consciente de urinar e um reflexo subconsciente que faz os impulsos parassimpáticos relaxarem o esfíncter interno da uretra. Então, a porção consciente do cérebro envia impulsos ao esfíncter externo da uretra para relaxar e a micção ocorrer. Embora o esvaziamento da bexiga urinária seja controlado por reflexo, pode ser iniciado voluntariamente e cessado por vontade própria, devido ao controle cerebral do esfíncter da uretra externo.

A falta de controle voluntário da micção é referida como ***incontinência***. Abaixo de dois anos de idade, a incontinência é normal pois os neurônios do músculo esfíncter externo da uretra não estão completamente desenvolvidos. Os lactentes urinam sempre que a bexiga urinária está suficientemente distendida para despertar um estímulo reflexo. O treinamento correto supera a incon-

tinência se esta não for causada por estresse emocional ou irritação da bexiga urinária.

Uretra

Objetivo: *Descrever a estrutura e as funções da uretra.*

Funções

A ***uretra*** é um pequeno tubo que vai do soalho da bexiga urinária ao exterior do corpo (veja a Figura 21.11). Nas mulheres, ela se situa diretamente atrás da sínfise púbica e está embutida na parede anterior da vagina. A abertura da uretra ao exterior, o ***óstio externo da uretra***, situa-se entre o clitóris e o óstio vaginal. Em homens, a uretra passa verticalmente através da glândula próstata, do músculo transverso profundo do períneo e finalmente do pênis (veja as Figuras 23.1 e 23.6).

A uretra é a porção terminal do sistema urinário. Ela é a passagem para eliminar a urina do corpo. A uretra masculina também serve como um canal através do qual o líquido reprodutor (sêmen) é eliminado do corpo.

Urina

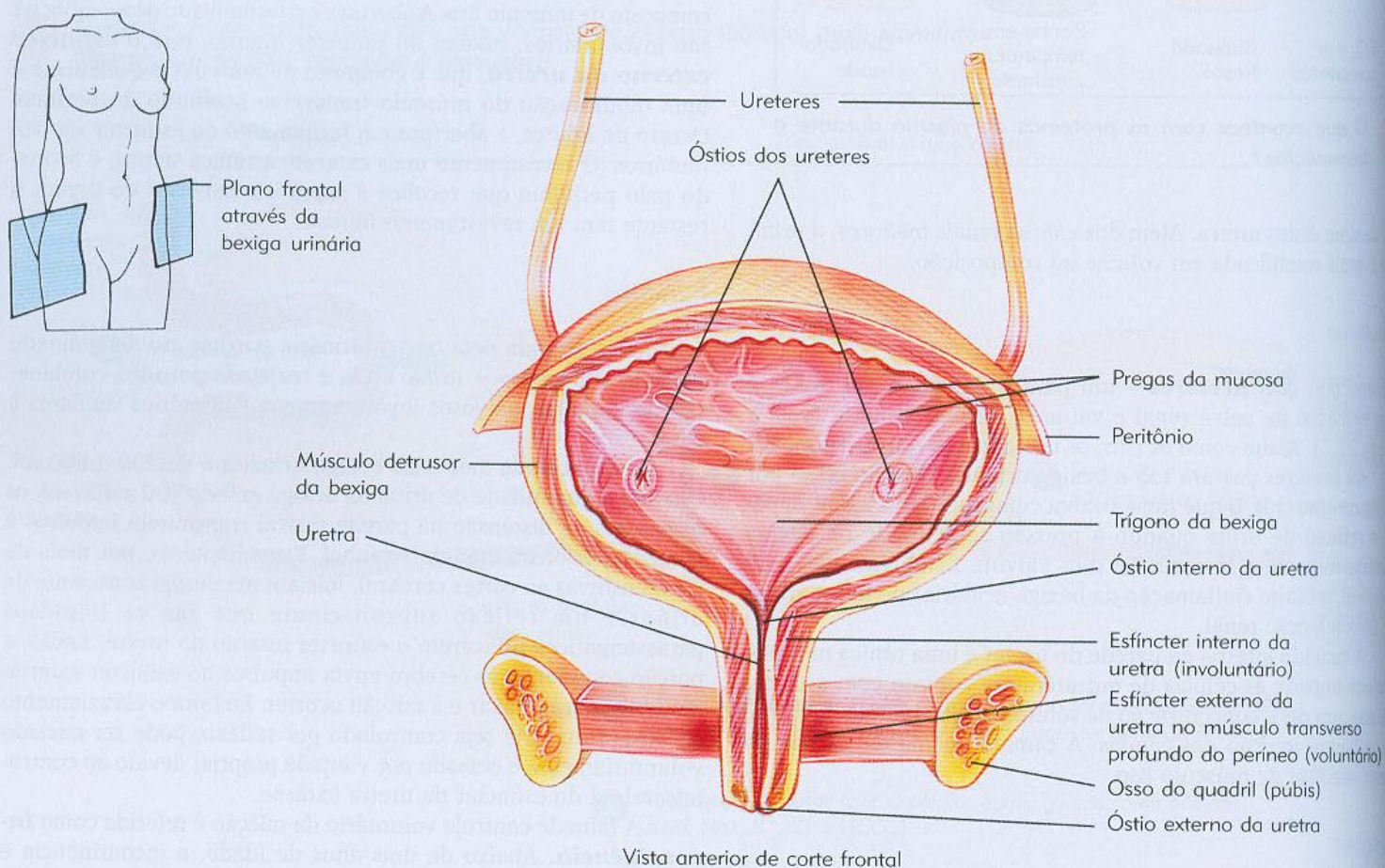
Objetivo: *Descrever os componentes normais e anormais da urina.*

O subproduto da atividade renal é a ***urina***, assim denominada devido a um de seus constituintes – o ácido úrico. O volume, o pH e a concentração de solutos da urina variam com o estado do ambiente interno. Uma análise do volume e das propriedades físicas e químicas da urina, denominada ***exame qualitativo de urina (EQU)***, nos diz muito sobre o estado do corpo.

Volume

O volume de urina eliminado por dia no adulto normal varia entre 1.000 e 2.000 ml. O volume urinário é influenciado pela pressão sangüínea (a pressão baixa ativa a via renina-angiotensina, que

Figura 21.11 Ureteres, bexiga urinária e uretra (feminina).

 A urina é armazenada na bexiga urinária até que seja expelida por um ato denominado micção.

P *Como é denominada a falta de controle voluntário da micção?*

iminui o volume de urina), pela concentração do sangue (a con-
entração baixa de água induz a secreção de hormônio
ntidiurético, que diminui o volume urinário), pela temperatura
altas temperaturas diminuem o volume urinário), pelos diuréticos
aumentam a produção de urina), pelo estado mental (o nervosis-
no pode aumentar o fluxo urinário) e pela saúde geral.

Características Físicas

As principais características físicas da urina normal são resumidas no Quadro 21.3. A urina normal é estéril, isto é, não contém micróbios.

Quadro 21.3 Características Físicas da Urina Normal

CARACTERÍSTICA	DESCRIÇÃO
Volume	Um a dois litros em 24 horas, mas varia consideravelmente.
Cor	Amarelo ou âmbar, mas varia com a concentração urinária e a dieta. A cor é devida ao urocroma (pigmento produzido pela degradação de bile). A urina concentrada é de cor mais escura. Dieta (urina de cor avermelhada devido à beterraba), medicações e certas doenças afetam a cor. Os cálculos renais podem causar a presença de sangue na urina.
Turbidez	Transparente quando recém-emitida, mas se torna turva (nublada) ao ficar depositada.
Odor	Levemente aromática, mas se torna amoniacal ao ficar depositada. Algumas pessoas herdam a capacidade de formar metil-mercaptano a partir do aspargo digerido, o que dá à urina um odor característico. A urina dos diabéticos tem um odor de frutas, devido à presença de corpos cetônicos.
pH	Varia entre 4,6 e 8,0; em média é de 6,(zero); varia consideravelmente com a dieta. As dietas ricas em proteínas aumentam a acidez; as dietas vegetarianas aumentam a alcalinidade.
Densidade	A densidade é a relação do peso de um volume de uma substância ao peso de um volume igual de água destilada. Ela varia de 1.001 a 1.035. Quanto maior a concentração de solutos, maior a densidade.
Composição química	A água responde por aproximadamente de 95% do volume total da urina. Os restantes 5% consistem de solutos derivados do metabolismo celular e de fontes externas, como drogas. Os solutos são descritos no Quadro 21.4.

Composição Química

A água representa um total de 95% do volume total da urina. Os 5% restantes consistem de solutos derivados do metabolismo e outras fontes externas como as drogas. Os solutos são descritos no Quadro 21.4.

Quadro 21.4 Principais Solutos na Urina Normal

SOLUTO	COMENTÁRIOS
ORGÂNICO	
Uréia	Compõe 60a90% de todo o material nitrogenado da urina; derivada da amônia produzida pela desaminação dos aminoácidos, que se combina com o dióxido de carbono para formar uréia; a quantidade excretada aumenta com a ingestão aumentada de proteínas na dieta.
Creatinina	Constituinte normal do sangue. Derivada primariamente da degradação do fosfato de creatina no tecido muscular.
Ácido úrico	Produto do catabolismo dos ácidos nucléicos (DNA e RNA) derivados do alimento ou da destruição celular. Devido à sua insolubilidade, o ácido úrico tende a cristalizar-se e é um componente comum dos cálculos renais.
Urobilinogênio	Pigmento biliar derivado da degradação da hemoglobina.
Outras substâncias	Podem estar presentes em pequenas quantidades, dependendo da dieta e da saúde geral. Incluem os carboidratos, os pigmentos, os ácidos graxos, a mucina, as enzimas e os hormônios.
INORGÂNICO	
Na^+, K^+	A quantidade excretada varia com a ingestão e o nível de aldosterona.
Cl^-, Mg^{++}	A quantidade excretada varia com a ingestão.
SO_4^{2-}	Derivado de aminoácidos. A quantidade excretada varia com a ingestão de proteínas.
$H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-}, PO_4^{3-}	Servem como tampão no sangue e na urina. O hormônio da glândula paratireóide aumenta a excreção urinária.
NH_4^+	Derivado do catabolismo das proteínas e da desaminação do aminoácido glutamina nos rins. A quantidade produzida pelos rins pode variar de acordo com a necessidade de produzir HCO_3^- para superar a acidez do sangue e de líquidos teciduais.
Ca^{++}	A quantidade excretada varia com a ingestão. O hormônio da glândula paratireóide aumenta a excreção urinária.

Constituintes Anormais

Em um estado patológico, traços de substâncias que não estão presentes normalmente podem aparecer na urina, ou os constituintes normais podem aparecer em quantidades anormais. Um EQU fornece informações que auxiliam no diagnóstico.

Um resumo de alguns constituintes anormais da urina é apresentado no Quadro 21.5.

Quadro 21.5 Resumo dos Constituintes Anormais da Urina

CONSTITUINTE ANORMAL	COMENTÁRIOS
Albumina	Constituinte normal do plasma, mas normalmente aparece em quantidades muito pequenas na urina pois é muito grande para passar através dos poros nas paredes capilares. A presença de albumina excessiva na urina – albuminúria – indica um aumento na permeabilidade das membranas de filtração, devido à lesão ou à doença, pressão sangüínea aumentada ou irritação das células renais por substâncias como toxinas bacterianas, éter ou metais pesados.
Glicose	A presença de glicose na urina é denominada glicosúria, e usualmente indica diabete melito. Ocasionalmente, ela pode ser causada por estresse, que pode fazer com que quantidades excessivas de epinefrina (adrenalina) sejam secretadas. A epinefrina estimula a degradação de glicogênio e liberação de glicose pelo fígado.
Hemácias (eritrócitos)	A presença de hemácias na urina é denominada hematúria, e geralmente indica uma condição patológica. Uma causa é a inflamação aguda dos órgãos urinários, como resultado de doença ou irritação por cálculos renais. Outras causas incluem tumores, trauma e doença renal. Deve-se certificar que a amostra de urina não foi contaminada com sangue menstrual da vagina.
Leucócitos	A presença de leucócitos e outros componentes de pus na urina, referida como piúria, indica infecção no rim ou outros órgãos urinários.
Corpos cetônicos	Alto nível de corpos cetônicos, denominado cetose, pode indicar diabete melito, anorexia, jejum ou simplesmente muito pouco carboidrato na dieta.
Bilirrubina	Quando as hemácias são destruídas por macrófagos, a porção globina da hemoglobina é separada e o heme é convertido em biliverdina. A maior parte da biliverdina é convertida em bilirrubina, que dá à bile sua principal pigmentação. Um nível de bilirrubina na urina acima do normal é denominado bilirrubinúria.
Urobilinogênio	A presença de urobilinogênio (produto de degradação da hemoglobina) na urina é denominada urobilinogêniouria. Pequena quantidade é normal, mas o urobilinogênio aumentado pode ser devido à anemia hemolítica ou perniciosa, à hepatite infecciosa, à obstrução biliar, à icterícia, à cirrose, à insuficiência cardíaca congestiva ou à mononucleose infecciosa.
Cilindros	Os cilindros são pequenas massas de material que endureceu e assumiu a forma da luz de um túbulo no qual foi formado. Eles são então levados para fora do túbulo quando o filtrado se acumula atrás deles. Os cilindros são denominados de acordo com as células ou substâncias que os compõem, ou com base em seu aspecto. Por exemplo, existem cilindros leucocitários, hemáticos e epiteliais que contêm células das paredes dos túbulos.
Cálculos renais	Ocasionalmente, os cristais dos sais encontrados na urina se solidificam em pedras insolúveis denominadas *cálculos renais*. As condições que levam à formação de cálculos incluem a ingestão excessiva de sais minerais, ingestão muito baixa de água, urina anormalmente alcalina ou ácida e glândulas paratireóides hiperativas. Os cálculos renais usualmente se formam na pelve renal, onde causam dor, hematúria e piúria.
Micróbios	O número e o tipo de bactéria variam com as infecções específicas do trato urinário. O fungo mais comum na urina é a *Candida albicans*, uma causa de vaginite. O protozoário mais freqüente é o *Trichomonas vaginalis*, uma causa de vaginite em mulheres e uretrite em homens.

foco no bem-estar

Prevenção das Infecções Urinárias Recorrentes

As infecções do trato urinário (ITUs) são as infecções bacterianas mais comuns em mulheres, e a segunda doença mais comum (depois do resfriado) para elas. Os homens também adquirem ITUs, porém com muito menor freqüência. A uretra feminina, mais curta, permite que as bactérias entrem mais facilmente na bexiga urinária, onde elas se abrigam e se multiplicam, alimentando-se da urina ali armazenada. Além disso, o óstio externo da uretra e o ânus estão mais próximos na mulher. Oitenta e cinco por cento dos primeiros episódios de ITU são causados por bactérias *Escherichia coli (E. coli)* que migraram do ânus para a uretra. As bactérias de *E. coli* são necessárias para a digestão adequada e são bem-vindas no trato intestinal, mas causam muita dor e sofrimento se infectam o sistema urinário.

Cerca de 10 a 15% das mulheres desenvolvem ITU várias vezes num mês. Algumas vezes, a paciente sente como se vivesse tomando antibióticos e não pudesse ficar saudável sem eles. Essas mulheres devem examinar seus estilos de vida cuidadosamente, para detectar e eliminar as possíveis causas de infecções repetidas.

Prevenção da Infecção

A higiene pessoal é a primeira linha na prevenção. Deve-se ter cuidado para evitar transportar bactérias da região anal para a uretra. As meninas devem ser ensinadas a fazer a higiene da frente para trás, e lavar as mãos amplamente após utilizar o banheiro. Ao banhar-se, as mulheres e meninas também devem lavar-se da frente para trás.

O sangue menstrual fornece um excelente meio de crescimento para bactérias. Os absorventes higiênicos e tampões devem ser trocados freqüentemente. Algumas mulheres acreditam que trocar de absorventes comuns para tampões ou vice-versa reduz a freqüência das ITUs. Os absorventes com desodorante e os superabsorventes podem aumentar a irritação. O intercurso sexual durante os dias de fluxo menstrual deve ser evitado, pois o sangue pode ser empurrado para dentro da uretra.

As pessoas com tendência à ITU devem beber pelo menos 2 a 2,5 litros de líquido diariamente. As bebidas cafeinadas devem ser evitadas, pois podem ser irritantes. Os sucos de cranberry e blueberry (variedades de amora) aumentam a acidez da urina e um ambiente tão ácido não é favorável ao crescimento da *E. coli*. Esses sucos também contêm um composto que impede a *E. coli* de aderir às células da bexiga urinária, o que pode ajudar a reduzir o crescimento bacteriano. A micção freqüente, a cada 2 a 3 horas, ajuda a prevenir ITUs recorrentes, pois expele as bactérias e elimina a urina necessária para o seu crescimento. A maioria das pessoas acha natural urinar com essa freqüência quando ingere 2 litros de líquido por dia!

Uma pesquisa demonstrou que a bexiga urinária de mulheres com ITUs recorrentes estava distendida por urinar com pouca freqüência. Uma bexiga cheia distende sua parede e comprime os vasos sangüíneos localizados nela. Um suprimento sangüíneo reduzido significa menos células imunogênicas para o combate à infecção. A micção mais freqüente previne esse problema, de modo que as mulheres são aconselhadas a realizá-la.

Parceiros na Saúde

O intercurso sexual é freqüentemente associado ao início de ITU em mulheres. As mulheres que adquirem ITU após a atividade sexual aprendem a desenvolver técnicas estritas de higiene pessoal e também ensinam seus parceiros. As mulheres devem beber bastante água antes e depois da atividade sexual, e urinar após a mesma assim que possível. Isso lava as bactérias que possam ter entrado na uretra.

Em certas ocasiões, o parceiro pode ser a fonte de transmissão bacteriana e, quando as ITUs continuam a recidivar, ele deve ser testado para uretrite assintomática, que é o termo para qualquer infecção bacteriana da uretra que não seja gonorréia. Algumas vezes, tratar o parceiro com antibiótico cura ambos os membros do casal.

Pensamento Crítico

Um dos aspectos básicos da filosofia do bem-estar é que o sistema de cuidados em saúde funciona melhor quando os pacientes agem como parceiros de seus provedores, para compreender, tratar e prevenir a doença. Explique por que o tratamento das ITU recorrentes é uma boa ilustração dessa crença.

Doenças Comuns

Glomerulonefrite (Doença de Bright)

A ***glomerulonefrite (doença de Bright)*** é uma inflamação dos rins que envolve os glomérulos renais. Uma causa comum são as toxinas produzidas por bactérias estreptocócicas, que infectaram anteriormente outra parte do corpo (garganta, furúnculos ou impetigo). Os glomérulos podem tornar-se tão inflamados que a permeabilidade das membranas de filtração aumenta até o ponto em que as células sangüíneas e proteínas penetram no filtrado e passam para a urina. O sangue na urina é um sintoma inicial comum.

Pielite e Pielonefrite

A ***pielite*** (*pielos* = pelve) é uma inflamação da pelve renal e dos cálices renais. A ***pielonefrite***, uma inflamação de um ou ambos os rins, envolve os néfrons e a pelve renal. A doença freqüentemente é uma complicação de infecção em outro local do corpo.

Cistite

A ***cistite*** é uma inflamação da bexiga urinária. Os sintomas incluem ardência durante a micção ou micção dolorosa, micção freqüente e com urgência e dor lombar baixa.

Síndrome Nefrótica

A ***síndrome nefrótica*** refere-se à proteína na urina, primariamente albumina, que resulta em um baixo nível de albumina no sangue, edema e níveis elevados de colesterol, fosfolipídios e triglicerídeos. Ela é causada pela permeabilidade aumentada da membrana de filtração.

Insuficiência Renal

A ***insuficiência renal*** é uma diminuição ou cessação da filtração glomerular. Na ***insuficiência renal aguda (IRA)***, os rins cessam abruptamente de funcionar, totalmente ou em parte. A principal característica da IRA é a supressão do fluxo urinário. A ***insuficiência renal crônica (IRC)*** refere-se ao declínio progressivo e freqüentemente irreversível na taxa de filtração glomerular (TFG).

A insuficiência renal causa edema por retenção de sal e água; acidose por incapacidade dos rins em excretar substâncias ácidas; níveis aumentados de uréia devido à excreção renal diminuída de metabólitos; níveis elevados de potássio, que podem levar à parada cardíaca; anemia, pois os rins não produzem mais o fator eritropoético renal requerido para a produção de hemácias; e osteomalácia, pois os rins não são mais capazes de converter a vitamina D em sua forma ativa para a absorção de cálcio pelo intestino delgado.

Infecções do Trato Urinário (ITU)

O termo ***infecção do trato urinário (ITU)*** é usado para descrever uma infecção de uma parte do sistema urinário ou a presença de grande número de micróbios na urina. As ITUs incluem a uretrite (inflamação da uretra), a cistite, a pielite e a pielonefrite. Os sintomas associados ITUs incluem ardência durante a micção ou micção dolorosa, micção freqüente e com urgência, dor púbica e lombar, urina turva ou sangüinolenta, calafrios, febre, náuseas, vômitos e corrimento uretral, usualmente em homens. As ITUs são mais comuns em mulheres, devido à sua uretra mais curta e proximidade do óstio externo da uretra com o ânus.

Terminologia e Condições Médicas

Anúria Produção diária de urina menor que 50 ml.

Azotemia (*azo* = contém nitrogênio; *emia* = condição do sangue) Presença de uréia ou outros elementos nitrogenados no sangue.

Cistocele (*cist* = bexiga; *cele* = cisto) Hérnia da bexiga urinária.

Diurese (*dia* = através) Excreção aumentada de urina.

Disúria (*dis* = dolorosa; uria = urina) Micção dolorosa.

Enurese (*enourein* = urinar) "Molhar a cama"; um problema pediátrico muito comum (15 a 22% das crianças de 5 anos sofrem dele) que ocorre mais freqüentemente em meninos que em meninas; na maioria dos casos, o distúrbio resolve-se espontaneamente sem tratamento médico; as causas suspeitas incluem padrões de sono profundo, produção noturna de urina e anormalidades da capacidade vesical. Também referido como noctúria.

Estreitamento Constrição da luz de um canal ou órgão oco, como o ureter ou uretra.

Pielografia intravenosa ou PIV (*intra* = dentro da; *veno* = veia; *pielo* = pelve do rim; *grafia* = escrita ou registro) Filme de raio X dos rins, após a injeção de um contraste.

Poliúria (*poli* = muito) Urina em excesso.

Uremia (*emia* = condição do sangue) Níveis tóxicos de uréia no sangue, resultando de disfunção grave dos rins.

Resumo dos Estudos

1. A função primária do sistema urinário é regular a concentração e o volume do sangue, removendo e restaurando quantidades selecionadas de água e solutos. Ele também excreta as impurezas.
2. Os órgãos do sistema urinário são os rins, os ureteres, a bexiga e a uretra.

Rins

Anatomia Externa; Anatomia Interna

1. Os rins são órgãos retroperitoneais aderidos à parede do abdome posterior.
2. Cada rim é revestido por uma cápsula fibrosa, que é circundada por tecido adiposo.
3. Internamente, os rins consistem de um córtex, medula, pirâmides, papilas, colunas, cálices e pelve renais.
4. O néfron é a unidade funcional dos rins.
5. Um néfron consiste de um corpúsculo renal (glomérulo e cápsula glomerular) e um túbulo renal (túbulo contorcido proximal, ramo descendente da alça de Henle, ramo ascendente da alça de Henle e túbulo contorcido distal).
6. A unidade filtradora do néfron é a membrana de filtração (endotelial-capsular).
7. O sangue entra no rim através da artéria renal, e sai através da veia renal.
8. O aparelho justaglomerular (AJG) consiste das células justaglomerulares e da mácula densa do túbulo contorcido distal.

Funções

1. Os néfrons regulam a composição e o volume do sangue e, no processo, formam urina.
2. Os néfrons regulam a composição e o volume do sangue por filtração glomerular, reabsorção tubular e secreção tubular.
3. A força primária por trás da filtração glomerular é a pressão hidrostática.
4. A maioria das substâncias no plasma é filtrada pela cápsula glomerular (de Bowman). Normalmente, as células sangüíneas e a maioria das proteínas não é filtrada.
5. A quantidade de filtrado que se forma em ambos os rins a cada minuto é a taxa de filtração glomerular (TFG). Ela é regulada por auto-regulação renal, regulação hormonal e regulação neural.
6. A via renina-angiotensina refere-se à liberação de renina (pelas células justaglomerulares) e conversão da angiotensina I em angiotensina II, que é iniciada por níveis muito baixos de Na^+ e Cl^-. A angiotensina II restabelece a pressão sangüínea e a TFG ao normal.
7. A reabsorção tubular retém substâncias necessárias para o corpo, incluindo água, glicose, aminoácidos e íons Na^+, K^+, Ca^{2+}, Cl^-, HCO_3^- e HPO_4^{2-}). A quantidade máxima de uma substância que pode ser absorvida é denominada máximo tubular (MT).
8. Cerca de 90% da água reabsorvida é reabsorvida com sódio e glicose, o restante pelo ADH.
9. A secreção tubular elimina na urina as substâncias químicas desnecessárias ao corpo. Nestas se incluem íons em excesso, impurezas nitrogenadas e certas drogas.
10. Os rins ajudam a manter o pH do sangue, excretando os íons H^+, que tornam a urina ácida e o sangue mais alcalino.
11. A secreção tubular também ajuda a manter os níveis corretos de potássio no sangue.

Hemodiálise

1. A filtragem do sangue através de um dispositivo artificial é denominada hemodiálise.
2. A hemodiálise normalmente é realizada três vezes por semana, com cada sessão durando 4 a 5 horas.

Ureteres

1. Os ureteres são retroperitoneais.
2. Os ureteres transportam a urina da pelve renal à bexiga urinária, primariamente por peristalse.

Bexiga Urinária

1. A bexiga urinária é posterior à sínfise púbica. Sua função é armazenar urina antes da micção.
2. A micção é o ato pelo qual a urina é expelida pela bexiga urinária.

Uretra

1. A uretra é um tubo que vai do soalho da bexiga urinária ao meio exterior.
2. Sua função é eliminar urina do corpo.

Urina

1. O volume de urina é influenciado pela pressão sangüínea, pela concentração do sangue, pela temperatura, pelos diuréticos e pelas emoções.
2. As características físicas da urina avaliadas no exame qualitativo de urina (EQU) são a cor, o odor, a turbidez, o pH e a densidade.
3. Quimicamente, a urina normal contém cerca de 95% de água e 5% de solutos. Os solutos incluem a uréia, a creatinina, o ácido úrico, o ácido hipúrico, indican, os corpos cetônicos, os sais e os íons.
4. Os constituintes anormais diagnosticados pelo EQU incluem a albumina, a glicose,os eritrócitos, os leucócitos, os corpos cetônicos, a bilirrubina, o urobilinogênio, os cilindros, os cálculos renais e os micróbios.

Auto-avaliação

1. O que não está correto na descrição dos rins?
a. Eles são protegidos pelo 11º e 12º pares de costelas. b. O rim adulto médio tem 10 a 12 cm de comprimento e 5,0 a 7,5 cm de largura c. O rim esquerdo é inferior ao direito, de modo a acomodar o grande tamanho do fígado d. Cada rim é circundado por gordura e tecido conjuntivo e. Os rins são retroperitoneais
2. Coloque as seguintes estruturas na ordem correta do fluxo de urina:
   1. Pirâmides renais
   2. Cálice renal menor
   3. Pelve renal
   4. Cálice renal maior
   5. Tubos coletores
   6. Ureteres

   a. 1,2,4,3,6,5 b. 5,1,4,2,3,6 c. 5,1,2,4,3,6
   d. 3,5,1,2,4,6 e. 1,5,2,4,3,6
3. O sangue oxigenado entra no rim através de
a. veia renal b. sistema porta do rim c. artérias dos néfrons d. artéria renal e. artéria do hilo renal
4. A unidade funcional do rim, onde a urina é realmente produzida, é
a. aparelho justaglomerular b. glomérulo renal c. cálice renal d. néfron e. pirâmide renal
5. O que força o plasma a ser filtrado através do glomérulo renal?
a. uma bexiga urinária cheia b. o controle pelo sistema nervoso c. a retenção de água d. a pressão do sangue e. a pressão da urina no glomérulo renal
6. A taxa de filtração glomerular (TFG) é
a. a taxa de enchimento da bexiga urinária b. a quantidade de filtrado formado em ambos os rins a cada minuto c. a quantidade de filtrado reabsorvido pelos tubos coletores d. a quantidade de sangue enviado ao rim a cada minuto e. a quantidade de urina formada por hora
7. O máximo tubular (MT) refere-se a
a. quanto filtrado a cápsula glomerular (de Bowman) pode manter b. quanta urina os tubos coletores podem manter c. quanto filtrado é secretado no túbulo contorcido distal d. a quantidade de uma substância que pode ser reabsorvida pelos túbulos renais e. a quantidade de uma substância que é secretada pelos túbulos renais
8. Qual dos seguintes é secretado na urina pelo sangue?
a. íons hidrogênio b. aminoácidos c. glicose d. a e b e. todos os acima
9. Qual dos seguintes não influencia o volume de urina produzido pelo corpo?
a. pressão sangüínea b. ritmo respiratório c. concentração de água no sangue d. temperatura e. emoções
10. Qual dos seguintes é o estímulo para o sistema renina-angiotensina?
a. açúcar aumentado no sangue b. retenção de sódio aumentada c. superidratação d. pressão sangüínea diminuída e. alta concentração de Cl⁻ no sangue
11. No néfron, o filtrado é reabsorvido pelos túbulos renais de volta ao
a. glomérulo renal b. capilares peritubulares c. arteríola glomerular eferente d. arteríola glomerular aferente e. veia renal
12. Qual das seguintes alçternativas não é uma função dos néfrons?
a. São áreas de armazenamento da urina. b. Controlam a composição química do sangue. c. Regulam o pH do sangue. d. Removem as toxinas do sangue e. Controlam o volume do sangue.
13. A aldosterona aumenta a reabsorção de que substância nos tubos coletores?
a. K^+ b. Ca^{2+} c. Cl^- d. Na^+ e. H^+
14. O hormônio que promove a excreção de água e sódio é
a. ADH (hormônio antidiurético) b. angiotensina II c. peptídeo natriurético atrial (PNA) d. aldosterona e. renina
15. A bexiga urinária
a. funciona na micção b. tem posição retroperitoneal c. expele urina através do trígono da bexiga d. está conectada ao rim por duas uretras e. impede o refluxo de urina aos rins pela ação do esfíncter interno da uretra

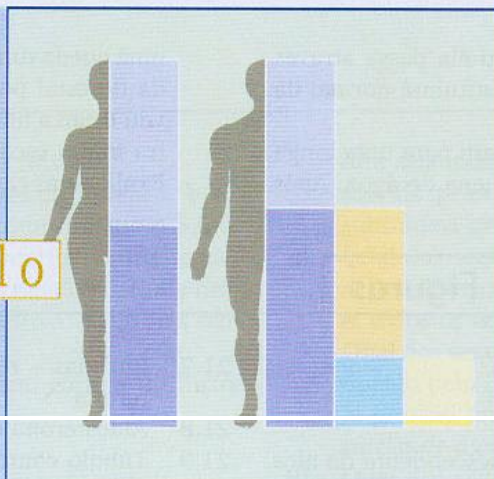
Aplicação do Pensamento Crítico

1. Você está fascinado pela filtração glomerular e gostaria de explicar a um amigo que não sabe nada sobre anatomia humana e fisiologia. Use o processo de fazer café com uma cafeteira automática para descrever a filtração glomerular para seu amigo.
2. Ontem você compareceu a uma grande festa ao ar livre onde a cerveja era a única bebida disponível. Você lembra de ter urinado muitas e muitas vezes ontem, e hoje você se sente desidratado. Que hormônio é afetado pelo álcool e como isto afeta sua função renal?
3. A urina em si normalmente é estéril (não há micróbios presentes); qual seria a razão para o aparecimento de micróbios em uma amostra de urina? Qual poderia ser a fonte dos micróbios?
4. Sarah é uma criança precoce de 1 ano, cujos pais gostariam que ela fôsse a primeira a aprender o treinamento esfincteriano na pré-escola. Até o momento, eles não foram bem-sucedidos em seus esforços. Eles deveriam ficar preocupados com a incontinência de Sarah?
5. Bete foi diagnosticada recentemente com diabete melito após sua urina ter sido positiva para glicose. O que acon-

tece normalmente com a glicose quando ela passa através do rim? A glicose é considerada um constituinte normal da urina?

6. Em um dia quente de primavera, Brian saiu para uma longa escalada com somente uma garrafa pequena de água. Após uma queda ruim de uma escarpa, Brian chamou um guarda florestal por seu telefone celular, e o patrulheiro levou Brian a um hospital, onde Brian forneceu uma amostra muito escassa de urina, que era turva e alaranjada. Explique as características da amostra de urina.

Respostas às Perguntas das Figuras

21.1 Rins, ureteres, bexiga urinária e uretra.
21.2 Hilo renal.
21.3 Aproximadamente 1.200 ml.
21.4 Túbulo contorcido proximal → ramo descendente da alça de Henle → ramo ascendente da alça de Henle → túbulo contorcido distal → tubo coletor → ducto papilar → cálice renal menor → cálice renal maior → pelve renal.
21.5 Renina.
21.6 A TFG também aumenta.
21.7 Enzimas – renina; hormônios – angiotensina e aldosterona.
21.8 Aldosterona e peptídeo natriurético atrial.
21.9 Túbulo contorcido proximal, ramos ascendente e descendente da alça de Henle, túbulo contorcido distal e tubo coletor.
21.10 Permanecem no sangue pois são muito grandes para passar através dos poros na membrana de diálise.
21.11 Incontinência.

objetivos do aprendizado

1. Explicar as rotas de ganho e perda de fluidos e explicar como elas são reguladas. 510
2. Descrever as funções gerais dos eletrólitos e como eles são distribuídos. 511
3. Discutir as funções e a regulação do sódio, do potássio, do cálcio, do magnésio, do cloro e do fosfato. 512
4. Descrever como os fluidos se movem entre compartimentos. 514
5. Explicar como os tampões, a respiração e a excreção renal auxiliam na manutenção do pH. 515

Equilíbrio de Fluidos, Eletrolítico e Ácido-básico

uma visão geral

com até 75% do peso corporal. Esta porcentagem diminui com a idade. Já que a gordura é basicamente livre de água, pessoas magras têm uma maior proporção de água no corpo que pessoas gordas. No homem adulto normal, a água representa ao redor de 60% do peso corporal. Como as mulheres têm mais gordura subcutânea, na média, sua quantidade total de água é menor, representando cerca de 55% do peso corporal.

Ganho (Ingestão) e Perda (Eliminação) de Fluidos

Objetivo: *Explicar as rotas de ganho e perda de fluidos e explicar como elas são reguladas.*

As fontes primárias de fluido corporal são líquidos (1.600 ml) e alimentos (700 ml) ingeridos pela boca e então absorvidos no trato gastrintestinal. Isto é chamado de ***água ingerida (préformada)*** e chega a aproximadamente 2.300 ml por dia. Outra fonte é a ***água metabólica***, que é a água produzida pelo anabolismo, que pode chegar a aproximadamente 200 ml/dia. Assim sendo, a ingestão total de água é, em média, 2.500 ml/dia (Figura 22.2).

Em condições normais, o ganho de fluidos equivale à perda de fluidos, de tal forma que o corpo mantém um volume constante. As quantidades aproximadas de água perdida em cada sistema de eliminação são de 1.500 ml/dia de urina pelos rins, 600 ml/dia pela pele, principalmente por evaporação (400 ml/dia) e também pela sudorese (200 ml/dia), 300 ml/dia como vapor de água pelos pulmões e 100 ml/dia pelo trato gastrintestinal como parte das fezes. Dessa forma, a perda total de fluidos corporais é, em média, de 2.500 ml/dia (Figura 22.2).

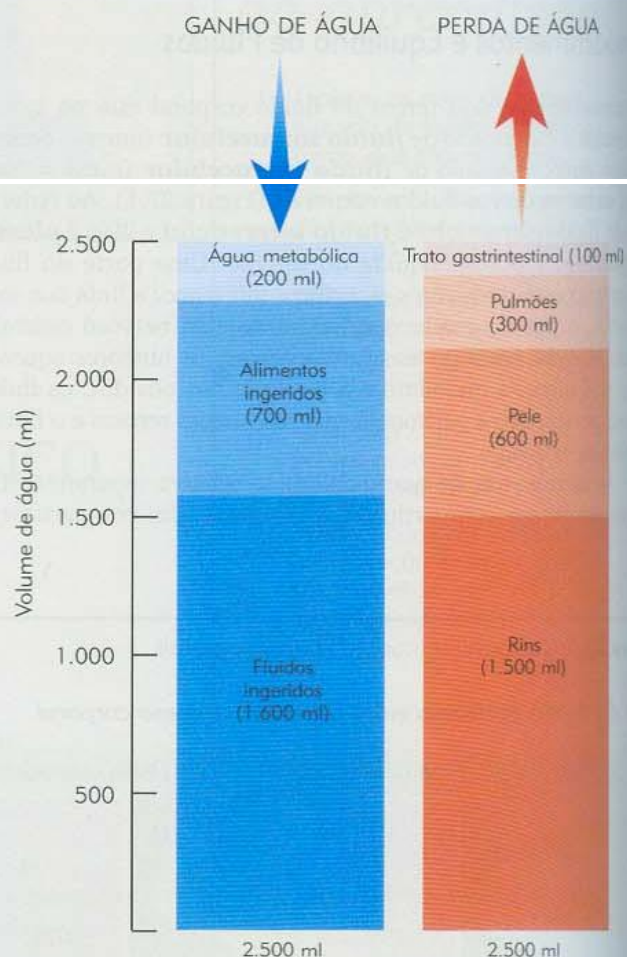
Regulação da Ingestão de Fluidos

A sede é um regulador poderoso da ingestão de fluidos e opera da seguinte maneira (Figura 22.3):

1. Quando a perda de água é maior que o ganho de água, o resultado é a ***desidratação***, que pode ser leve ou intensa.
2. A desidratação estimula a sede de, ao menos, três maneiras: (1) diminui a produção de saliva; (2) aumenta a pressão osmótica sangüínea; e (3) diminui o volume sangüíneo.
3. Quando a produção de saliva diminui, isto causa ressecamento da túnica mucosa da boca e da faringe. Quando a pressão osmótica do sangue aumenta, isto estimula receptores chamados de osmorreceptores, no hipotálamo. Quando a volemia (volume de sangue) diminui , também diminui a pressão sangüínea. Esta alteração estimula a liberação de renina pelas células justaglomerulares renais e a renina promove a síntese de angiotensina II.
4. Uma boca e faringe secas, a estimulação dos osmorreceptores no hipotálamo e o aumento de angiotensina II no sangue, todos, estimulam o centro da sede no hipotálamo (veja a Figura 21.8).
5. Como resultado, aumenta a sensação de sede.
6. Isto normalmente leva ao aumento da ingestão de líquidos, se estes estiverem disponíveis.
7. Como resultado, o volume normal de fluidos é reestabelecido e isto alivia a desidratação. O balanço do ciclo é o equilíbrio entre a ingestão e a perda de fluidos.

Inicialmente, "matar" a sede resulta da umidificação das túnicas mucosas da boca e da faringe, mas a principal inibição da sede parece ocorrer pela diminuição da pressão osmótica (aumento da volemia → aumento da pressão sangüínea) nos fluidos do hipotálamo.

Figura 22.2 Resumo dos ganhos e perdas diárias de fluidos em condições normais.

Normalmente a perda de água é equivalente ao ganho de água.

Como cada uma das seguintes condições afetaria o equilíbrio de fluidos: hiperventilação, vômitos, febre e administração de diuréticos?

Regulação da Eliminação de Fluidos

O principal regulador da eleminação de fluidos é a formação de urina. Normalmente a perda de fluidos é ajustada pelo hormônio antidiurético (ADH), peptídeo natriurético atrial (ANP) e aldosterona. O ADH e a aldosterona retardam a perda de fluidos na urina, enquanto o ANP causa um aumento da perda de fluidos na urina (veja o Capítulo 21). Sob condições anormais, outros fatores podem influenciar a perda de fluidos. Se o corpo está desidratado, a pressão sangüínea cai, a taxa de filtração glomerular decresce e a água é conservada. Ao contrário, fluido em excesso no sangue resulta em um aumento da pressão sangüínea, taxa de filtração glomerular e da saída de fluido. A hipertensão (alta pressão sangüínea) produz o mesmo efeito. A hiperventilação leva à

Distribuição dos Eletrólitos

A Figura 22.4 compara os principais constituintes químicos do plasma, do fluido intersticial e do fluido intracelular. A principal diferença entre o plasma e o fluido intersticial é que o plasma contém muitos ânions de proteína, enquanto no fluido intersticial estes praticamente inexistem. Como as membranas de capilares normais são praticamente impermeáveis a proteínas, a proteína fica no plasma e não se transfere do sangue para o fluido intersticial. O plasma também contém menos íons Na^+ e Cl^- que o fluido intersticial. Em outros aspectos, os dois fluidos são semelhantes.

Entretanto, o fluido intracelular difere consideravelmente do fluido extracelular. No fluido extracelular, o cátion mais abundante é o sódio (Na^+) e o ânion mais abundante é o cloreto (Cl^-). No fluido intracelular, o cátion mais abundante é o potássio (K^+) e o ânion mais abundante é o fosfato (HPO_4^{2-}). Também há muito mais ânions protéicos no fluido intracelular que no extracelular.

Funções e Regulação

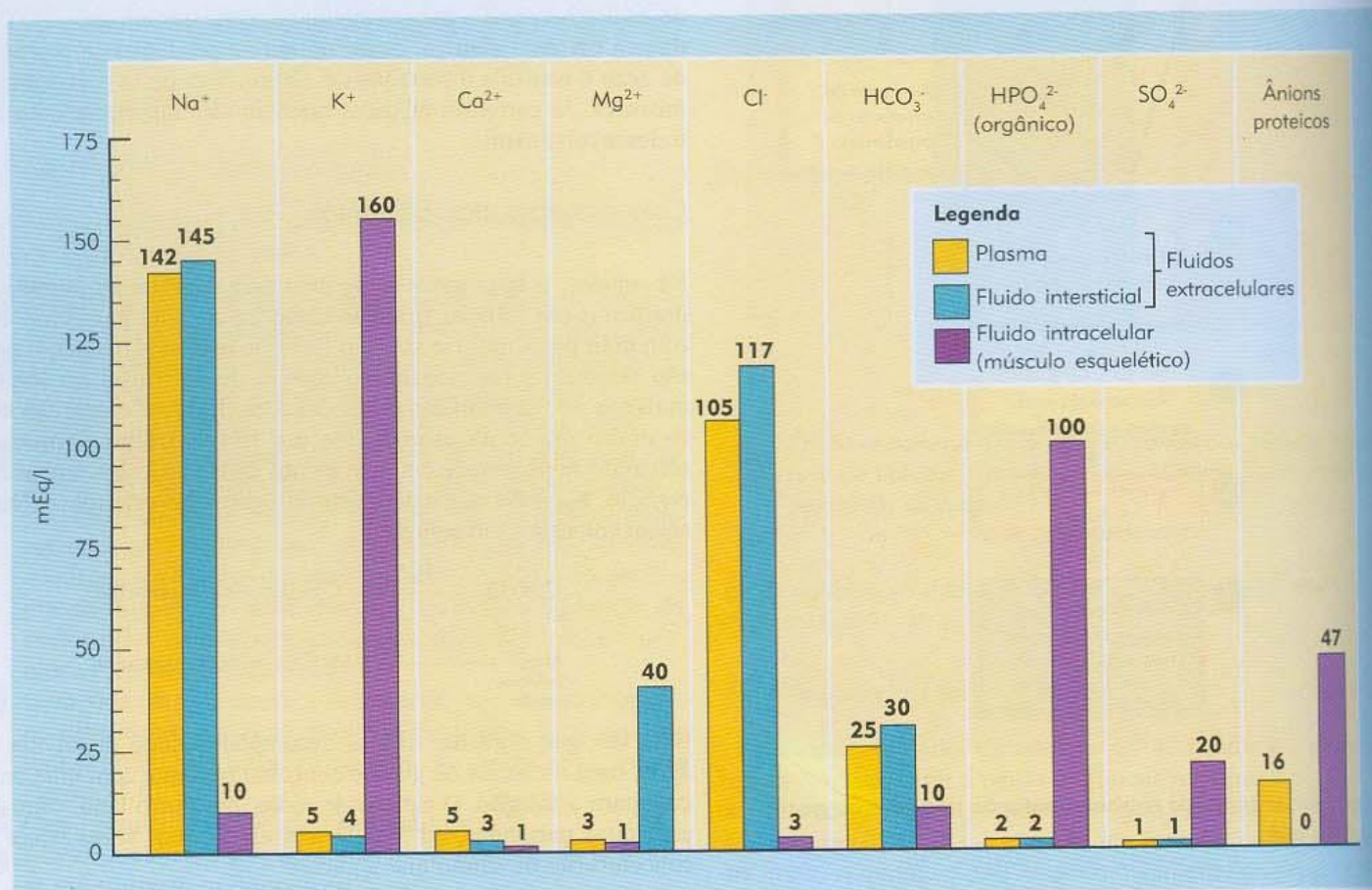
Objetivo: *Discutir as funções e a regulação do sódio, do potássio, do cálcio, do magnésio, do cloro e do fosfato.*

Sódio

O sódio (Na^+) é o íon extracelular mais abundante, representando aproximadamente 90% dos cátions extracelulares. O Na^+ no sangue normal é algo em torno de 136 a 142 mEq/litro. O sódio é necessário para a transmissão de potenciais de ação no tecido muscular e nervoso. É um componente de sistemas de tampão e tem papel significativo no equilíbrio de fluidos e eletrólitos pois é responsável pela maior parte da pressão osmótica do fluido extracelular (FEC).

Os rins normalmente excretam o Na^+ em excesso e, em períodos de restrição, são responsáveis por sua conservação. O nível de

Figura 22.4 Comparação das concentrações de eletrólitos no plasma, no fluido intersticial e no fluido extracelular. A altura de cada coluna representa a concentração total de eletrólitos.

Um eletrólito tem um efeito muito maior sobre a osmose que um não-eletrólito, porque um eletrólito se decompõe em pelo menos duas partículas.

Qual o cátion e o ânion mais importantes do fluido extracelular?

A deficiência de magnésio, chamada de ***hipomagnesemia***, pode ser causada por má absorção, diarréia, alcoolismo, desnutrição, lactação excessiva, diabete melito ou administração de diuréticos. Os sintomas incluem fraqueza, irritabilidade, tetania, delírios, convulsões, confusão, anorexia, náusea, vômitos, parestesia e arritmias cardíacas.

A ***hipermagnesemia***, ou excesso de Mg^{2+}, ocorre quase que exclusivamente em pessoas que tomam medicamentos, que contêm magnésio para o tratamento da insuficiência renal. Outras causas incluem o "Mal de Addison", a acidose diabética aguda, as desidratações graves e a hipotermia. Os sintomas incluem flacidez, hipotensão, fraqueza ou paralisia muscular, náusea, vômitos e alterações do funcionamento mental.

Cloro

O cloro (Cl^-) é o principal ânion extracelular. Entretanto, ele se difunde facilmente entre os compartimentos extra e intracelular. Isto torna o Cl^- importante na regulação das diferenças de pressão osmótica entre os compartimentos. Também nas glândulas mucosas gástricas, o Cl^- combina-se com hidrogênio para formar ácido clorídrico (HCl). O nível sangüíneo normal de Cl^- é de aproximadamente 95 a 103 mEq/litro.

Parte da regulação do Cl^- está sob controle indireto da aldosterona. A aldosterona regula a reabsorção de Na^+, e o Cl^- segue o Na^+ passivamente porque a carga negativa do cloro é atraída pela carga positiva do sódio.

Um nível sangüíneo anormalmente baixo de Cl^-, chamado de ***hipocloremia***, pode ser causado por vômito excessivo, desidratação e certos diuréticos. Os sintomas incluem espasmos musculares, alcalose, depressão respiratória e até mesmo coma.

Fosfato

O fosfato (HPO_4^{2-}) é principalmente um eletrólito intracelular. Os níveis sangüíneos normais de HPO_4^{2-} são de 1,7 a 2,6 mEq/litro. Por volta de 85% do HPO_4^{2-} em um adulto está localizado nos ossos e nos dentes como sais de fosfato de cálcio. O restante está principalmente combinado com lipídios (fosfolipídios), proteínas, carboidratos e outras moléculas orgânicas para formar as membranas celulares e para a síntese de ácidos nucléicos (DNA e RNA) e componentes de alta energia como o trifosfato de adenosina (ATP). Adicionalmente, o HPO_4^{2-} tem um papel importante nas reações de tamponamento (o sistema de tampão fosfato é discutido mais adiante neste capítulo).

Os níveis sangüíneos de fosfato são regulados pelo PTH (paratormônio) e pela CT. O PTH estimula os osteoclastos a liberarem HPO_4^{2-} dos sais minerais da matriz óssea, causando a excreção de HPO_4^{2-} pelas células tubulares renais. A CT baixa os altos níveis de HPO_4^{2-} por estimular os osteoblastos e inibir os osteoclastos. Na presença da CT, os osteoblastos removem HPO_4^{2-} do sangue, combinam-no com cálcio e o depositam nos ossos.

Um nível anormalmente baixo de HPO_4^{2-}, chamado de ***hipofosfatemia***, pode ocorrer como conseqüência da poliúria, absorção intestinal diminuída, aumento da utilização de fosfato ou alcoolismo. Os sintomas incluem confusão mental, convulsões, coma, dores musculares e no peito, falta de sensibilidade e formigamento nos dedos, perda de coordenação, perda de memória e letargia.

A ***hiperfosfatemia*** ocorre mais freqüentemente em resposta à insuficiência renal, quando os rins aumentam a absorção de HPO_4^{2-} ou deixam de excretar o HPO_4^{2-} em excesso. A principal complicação é o acúmulo de fosfato de cálcio em tecidos moles, articulações e artérias. Os sintomas incluem anorexia, náuseas, vômitos, fraqueza muscular, reflexos hiperativos, tetanias e taquicardia.

Movimento dos Fluidos Corporais

Objetivo: *Descrever como os fluidos se movem entre os compartimentos.*

Entre o Plasma e os Compartimentos Intersticiais

O movimento de fluidos entre o plasma e os compartimentos intersticiais ocorre através das membranas dos capilares. O movimento da água e substâncias dissolvidas, exceto as proteínas, através das paredes dos capilares ocorre principalmente por difusão e fluxo em massa (*bulk flow*). O ***bulk flow*** é um processo passivo que envolve o movimento de um grande número de substâncias dissolvidas e fluidos, como resultado da pressão hidrostática. O movimento de fluidos entre o plasma e o fluido intersticial se deve a várias forças, ou pressões, oponentes. Algumas forças empurram os fluidos para o exterior dos capilares, dentro dos espaços intersticiais. Forças oponentes empurram os fluidos dos espaços intersticiais para o interior dos capilares, o que previne o acúmulo de fluidos dentro dos espaços intersticiais.

Se os fluidos entram ou saem dos capilares, depende de como as várias pressões se relacionam umas com as outras. A diferença entre as forças que movem os fluidos para fora do plasma e as forças que empurram os fluidos para o interior do plasma é a ***pressão bruta de filtração***. A pressão bruta de filtração na extremidade arterial de um capilar é levemente superior que a do lado venoso. Assim sendo, na extremidade arterial de um capilar, os fluidos movem-se para fora (são filtrados) do plasma e para o interior dos compartimentos intersticiais. Na extremidade venosa de um capilar, os fluidos se movem do compartimento intersticial para o interior (são reabsorvidos) do compartimento plasmático (Figura 16.5). Nem todos os fluidos filtrados em uma extremidade dos capilares são reabsorvidos na outra. Os fluidos não-reabsorvidos e qualquer proteína que escape dos capilares passam para o interior dos capilares linfáticos. Daí, o fluido (linfa) segue pelos vasos linfáticos ao ducto torácico ou ao ducto linfático direito para entrar no sistema circulatório (veja a Figura 17.1). Sob condições normais, existe um estado de equilíbrio nas extremidades arteriais e venosas dos capilares, no qual as quantidades dos fluidos filtrados e reabsorvidos, em adição aos fluidos drenados pelo sistema linfático, são aproximadamente iguais.

Entre os Compartimentos Intersticiais e os Intracelulares

Dentro da célula, o principal cátion é o K^+ enquanto que, fora da célula, o principal cátion é o Na^+ (veja a Figura 22.4). Quando ocorre um desequilíbrio de fluidos entre estes dois compartimentos, ele geralmente é causado por uma alteração nas concentrações de K^+ e Na^+.

Como discutido anteriormente, o equilíbrio de sódio no corpo é controlado pela aldosterona, ANP e ADH. Certas condições, entretanto, podem resultar na diminuição da concentração de Na^+ no fluido intersticial (Figura 22.5).

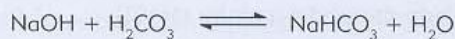
Sistema de Tampão Ácido Carbônico-bicarbonato

Como resultado dos processos metabólicos, o corpo normalmente produz mais ácidos que bases. Um ácido forte como o HCl pode ser tamponado por uma base fraca, bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$), e produzir um ácido mais fraco, ácido carbônico (H_2CO_3) e um sal (NaCl):

$$HCl + NaHCO_3 \rightleftharpoons H_2CO_3 + NaCl$$

Por exemplo, esta reação ocorre quando secreções alcalinas do pâncreas misturam-se ao quimo ácido do estômago.

Embora o corpo necessite de mais bicarbonato para neutralizar ácidos, bases fortes também devem ser tamponadas para evitar que o pH do sangue aumente demais. Neste caso, ácidos fracos como o ácido carbônico podem neutralizar bases fortes tais como o hidróxido de sódio (NaOH), transformando-o em bicarbonato de sódio:

$$NaOH + H_2CO_3 \rightleftharpoons NaHCO_3 + H_2O$$

Assim, o ***sistema de tampão ácido carbônico-bicarbonato*** é um regulador importante do pH do sangue.

Sistema de Tampão Fosfato

O ***sistema de tampão fosfato*** auxilia a regular o pH em glóbulos vermelhos sangüíneos, mas é especialmente importante nos fluidos tubulares do rim. Com o uso deste sistema, os rins auxiliam na manutenção do pH normal do sangue pela acidificação da urina. Os dois tampões fosfato atuam da mesma maneira que o sistema de tampão bicarbonato.

Sistema de Tampão Hemoglobínico

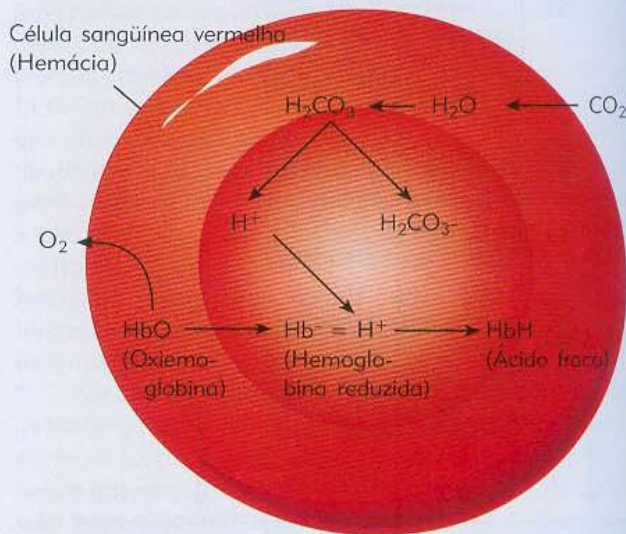
O ***sistema de tampão hemoglobínico*** tampona ácido carbônico no sangue. Quando o sangue move-se da extremidade arterial de um capilar para a extremidade venosa, o dióxido de carbono liberado pelas células do corpo entra nos eritrócitos (hemácias) e combina-se com água para formar ácido carbônico (Figura 22.6). Simultaneamente, a oxiemoglobina libera seu oxigênio para as células do corpo, e torna-se hemoglobina reduzida, que tem uma carga negativa. O ânion hemoglobina atrai o H^+ do ácido carbônico e torna-se um ácido ainda mais fraco que o ácido carbônico.

Sistema de Tampão Proteico

O ***sistema de tampão proteico*** é o mais abundante no plasma e nas células do corpo. Os aminoácidos das proteínas contêm ao menos um grupo carboxílico (COOH) e um grupo amino (NH_2). Em solução, um grupo carboxílico pode tornar-se ionizado ($COOH \rightarrow COO^- + H^+$) e tamponar bases combinando seu H^+ com íons hidróxido (OH^-) em excesso para formar água ($H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$). Na presença de H^+ em excesso, o COO^- livre recombinar-se-á com o H^+ para formar COOH, assim aumentando o pH dos fluidos novamente. Dessa maneira, o grupo carboxílico pode tamponar tanto ácidos quanto bases.

O grupo amino (NH_2) também pode atuar como um ácido ou uma base. Aceitando um H^+ livre (NH_3^+), remove os íons de H^+ de um fluido corporal. Liberando H^+ do NH_3^+ na presença de um excesso de OH^- para formar água, diminui novamente o pH.

Figura 22.6 Sistema de tampão hemoglobínico. Quando o CO_2 penetra nas células sangüíneas vermelhas (hemácias), ele se combina com água para formar ácido carbônico (H_2CO_3), que se dissocia em íons de bicarbonato (HCO_3^-) e íons de hidrogênio (H^+). A oxiemoglobina doa seu oxigênio e combina-se com o H^+ em excesso para formar HbH (um ácido fraco). O bicarbonato pode mover-se para fora da célula e combinar-se com os íons sódio (Na^+) no plasma. Dessa maneira, grande parte do dióxido de carbono é carreado de volta aos pulmões na forma de bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$).

Os tampões, a respiração e a excreção renal auxiliam na manutenção do pH normal.

P *O que todos os tampões têm em comum?*

Respiração

A respiração também tem um papel na manutenção do pH do sangue. Um aumento na concentração de dióxido de carbono nos fluidos corporais como resultado da respiração celular diminui o pH (torna o fluido mais ácido). Isto é ilustrado pela seguinte equação:

$$\underset{\text{Dióxido de carbono}}{CO_2} + \underset{\text{Água}}{H_2O} \rightleftharpoons \underset{\text{Ácido carbônico}}{H_2CO_3} \rightleftharpoons \underset{\text{Íon de hidrogênio}}{H^+} + \underset{\text{Íon de bicarbonato}}{HCO_3^-}$$

No outro sentido, uma diminuição das concentrações de dióxido de carbono nos fluidos corporais causa um aumento do pH.

O pH dos fluidos corporais pode ser ajustado por uma alteração da taxa e intensidade respiratórias; ajuste este que leva, em geral, de 1 a 3 minutos para completar-se. Se a taxa e a intensidade respiratórias são aumentadas, mais dióxido de carbono é exalado, ocorrendo um aumento do pH sangüíneo. Um taxa respiratória mais baixa significa que menos dióxido de carbono é exalado, causando uma queda no pH sangüíneo. A taxa respiratória pode ser alterada em até oito vezes a taxa normal. Assim sendo, a respiração pode influenciar grandemente o pH dos fluidos corporais.

O pH dos fluidos corporais, por sua vez, afeta a taxa respiratória (Figura 22.7). Se, por exemplo, o sangue se acidificar, o aumento do H^+ (condição controlada) estimulará os quimiorreceptores do centro da respiração na medula oblonga (bulbo) e os quimiorreceptores no arco da aorta e no seio carótico (recepto-

foco no bem-estar

Atividade Física Prolongada: Um Desafio aos Equilíbrios de Fluidos e Eletrolítico

Uma atividade física pesada e prolongada pode levar à desidratação e à quebra da homeostase de fluidos e eletrólitos. Durante a atividade física, as contrações musculares geram uma grande quantidade de calor, até 100 vezes mais que quando se está em repouso. O corpo pode-se livrar deste calor extra através do aumento da circulação sangüínea na pele (periférica), onde o calor é dissipado por radiação e convecção, e pela ativação da glândulas sudoríparas para aumentar a perda de calor por evaporação. Quando a temperatura ambiente está muito alta, a radiação e a convecção não funcionam, então o corpo deve-se utilizar primariamente da evaporação para se refrescar. Os exercícios extenuantes feitos no calor podem causar a perda de mais de 2 litros de água por hora pela pele e pulmões. Tais perdas podem levar à desidratação e à hipertermia se os fluidos não forem repostos.

Sem Suor

A desidratação refere-se à perda de fluidos corporais que chegue a 1% ou mais do peso corporal. Ela é mais comum de ocorrer durante os exercícios em temperaturas altas, mas pode ocorrer durante um período de exercícios muito leves em um ambiente quente ou durante exercícios muito pesados em ambientes termicamente neutros. Um *déficit* de fluidos de 5% é comum durante eventos esportivos como futebol, tênis e corridas longas. Os sintomas incluem irritabilidade, fadiga e perda de apetite. Níveis de desidratação acima de 7% podem causar exaustão por calor.

Com a desidratação, é perdida água de todos os compartimentos. A diminuição da volemia tem efeitos deletérios sobre o desempenho físico, já que diminui a quantidade de sangue que o coração tem para bombear em cada batimento. Os músculos necessitam de oxigênio para trabalhar e, dessa forma, diminui o desempenho à medida que o débito cardíaco é reduzido. O corpo tenta manter o fluxo sangüíneo aos músculos pela constrição dos vasos sangüíneos na pele, de forma que menos calor se perde, ocorrendo um aumento da temperatura corporal. Alterações nos eletrólitos intracelulares também podem ocorrer com a desidratação e estas interferem com o desempenho ideal.

A sede é o alarme do corpo de que seus níveis de água estão ficando muito baixos, e ela motiva a pessoa a beber líquidos. Infelizmente, a sede não é um indicador confiável das necessidades de fluidos. As pessoas tendem a beber somente o suficiente para umedecer suas gargantas ressecadas. O mecanismo da sede é especialmente não-confiável na infância e na velhice. A idade diminui a habilidade dos rins para retenção de água quando o corpo necessita de fluidos, o que aumenta a suscetibilidade de pessoas idosas à desidratação.

Reposição de Fluidos

Pessoas que experimentam uma desidratação grave, podem achar que a água pura não é a solução ideal. Estudos têm mostrado que quando um indivíduo desidratado consome água, a água dilui o sangue à medida que o volume do plasma é reposto. Isto remove a sensação de sede, o que protege contra baixos níveis de eletrólitos no plasma. Em outras palavras, à medida que diminuem os níveis de eletrólitos, a sensação de sede desaparece para que o sangue não seja mais diluído. Os rins sentem um aumento dos fluidos nos túbulos renais e começam a excretar água (através da urina). Em estudos laboratoriais, indivíduos que consomem água pura após a desidratação precisam urinar bem antes de serem completamente reidratados. Em outras palavras, embora o volume sangüíneo aumente um pouco quando se consome água, ele não retornou aos seus níveis desejáveis e o indivíduo não reidratou todas as células e compartimentos extracelulares corporais.

Com relação às bebidas esportivas como o *Gatorade* ou outras, quando o sódio é ingerido junto com água, o indivíduo desidratado se reidrata a níveis maiores que indivíduos ingerindo apenas água. O sódio ajuda a restaurar o volume plasmático e a reter a água no sangue sem inibir a sede. A restauração dos níveis eletrolíticos intra e extracelulares também restaura o equilíbrio fluido destes compartimentos. As bebidas esportivas certamente não são necessárias para o atleta recreativo que joga um descompromissado jogo de tênis ou que caminha rapidamente por meia hora, mas pode ser de auxílio se você se exercita ao ponto de desidratação.

Pensamento Crítico

Você é um atleta que pesa 68 kg (150 libras) e se exercita em uma sala de musculação quente por duas horas. Você se pesa após o exercício e nota que perdeu 2,3 kg (5 libras). Descreva o que aconteceu com seu corpo para causar esta perda.

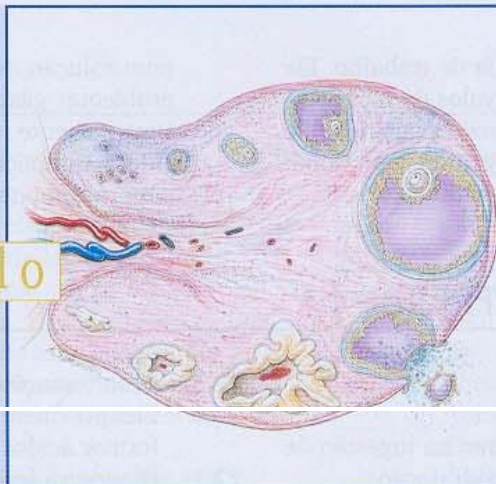
Auto-avaliação

1. O constituinte isolado mais abundante do corpo é
a. gordura b. músculo c. tecido conjuntivo d. água e. sangue
2. A sede é o principal estímulo para a ingestão e a manutenção dos fluidos corporais. O centro da sede localiza-se no
a. rim b. córtex supra-renal c. hipotálamo d. córtex cerebral e. fígado
3. As substâncias que se dissociam formando íons quando dissolvidas em fluidos corporais são chamadas de
a. neurotransmissores b. enzimas c. ácidos d. não-eletrólitos e. eletrólitos
4. Qual das seguintes alternativas NÃO é uma função dos eletrólitos no corpo?
a. controle do movimento de fluidos entre compartimentos b. regulação do pH c. fonte de minerais para o metabolismo d. fonte de energia e. transmissão de corrente elétrica
5. O hormônio da paratireóide (PTH) e a calcitonina (CT) controlam os níveis sangüíneos de qual íon?
a. magnésio b. sódio c. cálcio d. potássio e. cloro
6. O movimento de fluidos entre o fluido extra e o intracelular depende principalmente do movimento de
a. sódio b. cloro c. cálcio d. fosfato e. magnésio
7. A aldosterona é secretada em resposta
a. ao aumento da pressão sangüínea b. à diminuição do volume de sangue ou débito cardíaco c. ao aumento dos níveis de cálcio d. ao aumento dos níveis de sódio e. ao aumento dos níveis de água
8. Qual das seguintes frases é falsa com relação ao equilíbrio ácido-básico do corpo?
a. Um aumento na taxa de respiração aumenta o pH. b. O pH normal do fluido extracelular é 7,35 a 7,45. c. Os tampões são mecanismos importantes na manutenção do equilíbrio de pH. d. Um pH sangüíneo de 7,2 é chamado de alcalose. e. A acidose respiratória caracteriza-se por níveis altos de CO_2.
9. Os fluidos movem-se do plasma para o fluido intersticial
a. na extremidade venosa dos capilares b. na extremidade arterial dos capilares c. quando a pressão sangüínea iguala-se à pressão de filtração d. quando a pressão de filtração é -9 mmHg e. apenas em casos de superidratação
10. O efeito principal da acidose é
a. excitabilidade do sistema nervoso central b. hiperventilação c. aumento nos níveis de bicarbonato d. depressão do sistema nervoso central e. diminuição da função renal
11. Um nível de sódio abaixo do normal é denominado
a. hipercloremia b. hipocalcemia c. hiponatremia d. hipocalemia e. hipernatremia
12. Faça as associações:

_____	a. Ânion do fluido intracelular, é um componente estrutural dos ossos e dos dentes.	A. Cálcio
_____	b. O íon mais abundante no corpo, é controlado pelo PTH e CT.	B. Cloro
_____	c. O cátion extracelular mais abundante, cria uma diferença na pressão osmótica.	C. Potássio
_____	d. Controlado pela aldosterona, este íon intracelular ativa enzimas.	D. Sódio
_____	e. O íon fluido intracelula mais abundante, está envolvido na homeostase dos nervos e músculo.	E. Fosfato
_____	f. Encontrado no fluido intracelular, o íon assiste o Na^+ na regulação da pressão osmótica.	F. Magnésio

13. Em um indivíduo adulto normal do sexo masculino, a água perfaz aproximadamente _______ do peso corporal total.
a. 80% b. 75% c. 60% d. 45% e. 33% (1/3)
14. A maior parte dos sistemas de tampões humanos consiste de
a. uma base fraca e um ácido fraco b. um ácido forte e uma base forte c. um ácido forte como o HCl d. um eletrólito e um não-eletrólito e. uma base fraca e um gás
15. O tampão mais abundante nas células corporais e plasma é o sistema
a. hemoglobínico b. ácido carbônico c. protéico d. bicarbonato e. fosfato

Aplicação do Pensamento Crítico

1. Quando álcool é ingerido, ele é transportado na água corporal. As mulheres geralmente apresentam uma maior porcentagem de gordura corporal e uma menor porcentagem de água corporal que os homens de mesmo peso. Utilize estes fatos para explicar porque o teor alcoólico sangüíneo sobe mais nas mulheres que nos homens após beber as mesmas quantidades de álcool.
2. As bebidas esportivas supostamente repõem a água e os eletrólitos perdidos durante exercícios extenuantes. Se você fosse criar uma receita para sua própria bebida esportiva, o que você iria incluir nela para auxiliar na recuperação de exercícios extenuantes.
3. A água do mar contém acima de três vezes mais sal (NaCl) que o plasma sangüíneo. Imagine que você está preso em um bote salva-vida sem comida e água. Você deveria beber a água do mar para prevenir contra a desidratação? Por quê? Por que não?
4. Timon, uma criança com 2 anos de idade, teve uma manhã ocupada no programa de natação para mamães e bebês. A lição de hoje incluiu muitos exercícios de "mergulhar e soprar bolhas". Após a aula, Timon não era a mesma criança e parecia desorientado. O que teria causado o comportamento alterado de Timon?

Os Sistemas Genitais

objetivos do aprendizado

1. Descrever a estrutura e as funções dos órgãos genitais masculinos. 523
2. Descrever como são produzidos os espermatozóides. 523
3. Explicar as funções dos hormônios genitais masculinos. 527
4. Descrever a estrutura e as funções dos órgãos reprodutores femininos. 531
5. Descrever como os óvulos são produzidos. 533
6. Explicar as funções dos hormônios genitais femininos, e, então, definir os ciclos menstrual e ovariano, explicando como eles estão relacionados. 538

uma visão geral

Figura 23.1 Órgãos genitais masculinos e estruturas associadas.

Os órgãos genitais são adaptados para produzir novos indivíduos e transferir material genético de uma geração para outra.

RESUMO DAS FUNÇÕES DO SISTEMA GENITAL MASCULINO

1. Os testículos produzem espermatozóides e o hormônio sexual masculino testosterona.
2. Os ductos transportam, armazenam e auxiliam na maturação dos espermatozóides.
3. As glândulas acessórias secretam a maior parte da porção líquida do sêmen.
4. O pênis contém a uretra, um canal de passagem para a ejaculação do sêmen e excreção da urina.

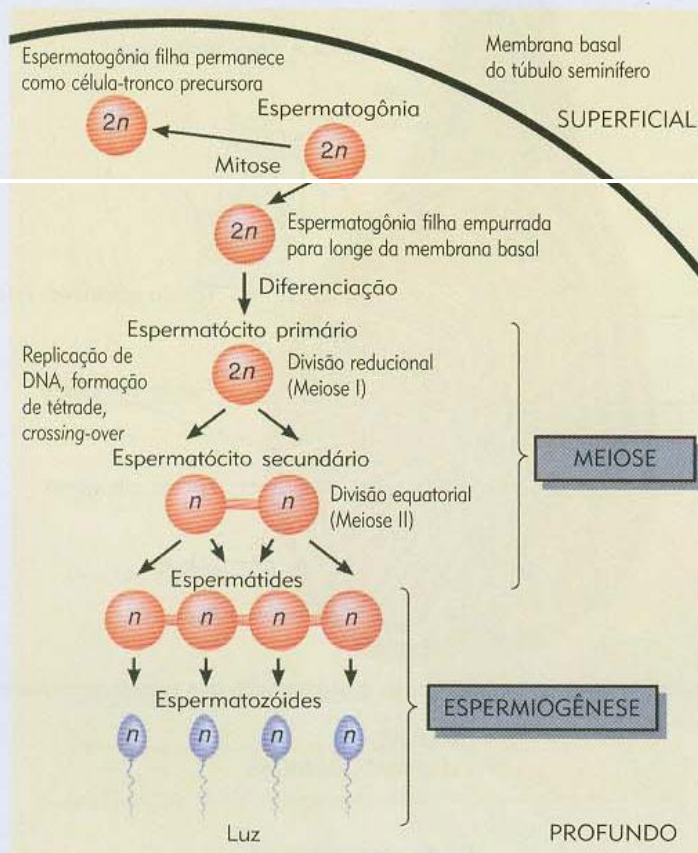
Como podemos classificar funcionalmente o pênis entre os órgãos genitais masculinos?

cada geração sucessiva, o número de cromossomos continuaria a dobrar, impedindo assim o seu desenvolvimento normal. O número cromossômico não dobra a cada geração devido a uma divisão nuclear especial chamada de ***meiose***, que ocorre somente na produção de gametas. Na meiose, o espermatozóide em desenvolvimento, ou o ovócito secundário, divide seu complemento duplicado para que o gameta maduro possua somente 23 cromossomos.

Revise o processo da mitose no Capítulo 3. Uma diferença básica entre a mitose e a meiose é que na mitose, uma célula paterna se divide em duas células filhas, cada uma das quais recebe o mesmo número de cromossomos que as células paternas. Na meiose, as células filhas têm apenas a metade dos cromossomos das células paternas. Vejamos como isto acontece.

Estágios da Espermatogênese A espermatogênese inicia-se durante a puberdade e continua durante a vida. Ele leva aproximadamente 74 dias para se completar. As espermatogônias ou células-tronco espermáticas (Figura 23.3) que se alinham nos túbulos seminíferos contêm o complemento cromossômico diplóide (46). Após a div-

Figura 23.3 Espermatogênese. A designação 2*n* significa diplóide (46 cromossomos); *n* significa haplóide (23 cromossomos).

A espermiogênese envolve a maturação de espermátides até se transformarem em espermatozóides.

Por que a meiose I também é chamada de divisão reducional?

são, algumas espermatogônias permanecem perto da membrana basal para evitar a depleção da população celular. Outras espermatogônias se desenvolvem tornando-se ***espermatócitos primários***. Assim como as espermatogônias, eles são diplóides (2*n*); o que significa que eles têm 46 cromossomos.

1. **Divisão reducional (meiose I).** Cada espermatócito primário aumenta de tamanho antes de se dividir. Então, ocorrem duas divisões nucleares como parte da meiose. Na primeira, o DNA é replicado e os 46 cromossomos (cada qual composto de duas cromátides idênticas), unem-se como 23 pares de cromossomos homólogos. As quatro cromátides de cada par homólogo unidas (tétrade), então, espiralizam-se, e porções de uma cromátide podem ser trocadas por porções de outra (*crossing-over*), que permite a recombinação de genes (gênica). Assim sendo, cada espermatozóide eventualmente produzido será diferente de qualquer outro e diferente das células que o produziram.
   A seguir, os pares homólogos se separam e cada membro de um par migra para polos opostos do núcleo em divisão. As células formadas pela primeira divisão nuclear (reducional) são chamadas de ***espermatócitos secundários***. Cada célula tem 23 cromossomos – o número haplóide. Cada cromossomo dos espermatócitos secundários, entretanto, é composto de duas cromátides idênticas, mas os genes podem ser rearranjados como resultado do *crossing-over*.
2. **Divisão equatorial (meiose II).** A segunda divisão nuclear da meiose é a divisão equatorial. Não ocorre replicação de DNA. Os cromossomos (cada qual composto de duas cromátides idênticas), alinhados como um único fio, estão posicionados próximos à região central do núcleo e as cromátides de cada cromossomo se separam umas das outras. As células formadas pela divisão equatorial são chamadas de ***espermátides***. Cada uma contém metade do número cromossômico original, 23, sendo haplóides. Cada espermatócito primário, dessa forma, produz quatro espermátides pela meiose através de duas rodadas de divisão celular (a divisão reducional e a divisão equatorial).
3. **Espermiogênese.** No estágio final da espermatogênese, chamado espermiogênese, cada espermátide se desenvolve em um ***espermatozóide*** único. As espermátides desenvolvem uma cabeça e uma cauda e são, então, nutridas pelas células de sustentação (de Sertoli) (veja a Figura 23.2b).

Espermatozóide

Os ***espermatozóides*** são produzidos a uma taxa de aproximadamente 300 milhões por dia, e, uma vez ejaculados, têm uma expectativa de vida de aproximadamente 48 horas no trato reprodutor feminino. Um espermatozóide é composto por uma cabeça, uma peça intermediária e uma cauda (Figura 23.4). Na ***cabeça*** está o material nuclear e um grânulo denso chamado ***acrosoma*** (acro-

Figura 23.4 Partes de um espermatozóide.

A cada dia, 300 milhões de espermatozóides amadurecem.

Quais as funções de cada parte do espermatozóide?

em média, entre os 15 e 17 anos. Os fatores que determinam o aparecimento da puberdade são pouco conhecidos, mas a seqüência de eventos é bem-estabelecida. Durante os anos de pré-puberdade, os níveis de LH, FSH e testosterona são baixos. Ao redor do 6º ou 7º ano de vida, ocorre um pico de crescimento pré-puberal que está, provavelmente, associado à secreção de andrógenos adrenais e hormônio de crescimento humano (hGH).

O início da puberdade é sinalizado por ondas de secreção de LH, e, em menor extensão, de FSH, associadas à sonolência. À medida que a puberdade avança, níveis elevados de LH e FSH estão presentes durante o dia, acompanhados por níveis aumentados de testosterona. Acredita-se que os aumentos no LH e FSH são o resultado do aumento da secreção de GnRH e de uma intensidade maior de resposta da adeno-hipófise ao GnRH. Com a maturidade sexual, o sistema hipotálamo-hipofisário torna-se menos sensível à inibição por retroalimentação da testosterona sobre a secreção de LH e FSH.

As mudanças testiculares que ocorrem durante a puberdade incluem a maturação das células de sustentação e a iniciação da espermatogênese. As mudanças anatômicas e funcionais associadas à puberdade são o resultado de uma secreção aumentada de testosterona. Geralmente, o primeiro sinal é o aumento de tamanho dos testículos. Por volta de um ano mais tarde, o pênis aumenta de tamanho. Os orgãos genitais internos aumentam em tamanho ao longo de um período de muitos anos. Ocorre o desenvolvimento das características sexuais secundárias e um pico de crescimento à medida que os níveis elevados de testosterona aumentam o crescimento ósseo e muscular.

Ductos

Ductos do Testículo

Seguindo sua produção, os espermatozóides movem-se ao longo dos túbulos seminíferos contorcidos até os ***túbulos seminíferos** retos* (veja a Figura 23.2a). Os túbulos seminíferos retos levam a uma série de ductos nos testículos chamados de *rede do testículo*. Algumas das células de revestimento da rede do testículo possuem cílios, que auxiliam na movimentação dos espermatozóides. Os espermatozóides são, então, transportados para fora dos testículos e para dentro do epidídimo (veja a Figura 23.2a).

Epidídimo

O ***epidídimo*** (*epi* = acima; *didymos* = testículos) é um órgão em forma de vírgula, que se aloja ao longo da margem posterior dos testículos (veja as Figuras 23.1 e 23.2a), e consiste, principalmente, de um tubo fortemente espiralado, chamado de ***ducto epididimal***. O ducto do epidídimo é o local da maturação dos espermatozóides. Durante um período de 10 a 14 dias, sua mobilidade aumenta. O ducto do epidídimo também armazena os espermatozóides por até um mês ou mais; após este período, são expelidos ou reabsorvidos.

Ducto Deferente

À medida que o ducto do epidídimo se torna menos convoluto e seu diâmetro aumenta, ele passa a ser chamado de ***ducto deferente*** (veja a Figura 23.2a). O ducto deferente ascende ao longo da margem posterior dos testículos, penetra no canal inguinal (uma passagem na parede abdominal anterior), e entra na cavidade pélvica, onde se curva lateralmente e para baixo da superfície posterior da bexiga urinária (veja a Figura 23.1). O ducto deferen apresenta uma túnica com 3 camadas musculares. Ele armaze os espermatozóides por muitos meses, propelindo-os em direção uretra durante a ejaculação, através das contrações peristáltic de sua túnica muscular. Os espermatozóides que não fore ejaculados são reabsorvidos.

Seguindo o mesmo percurso de ascenção do escroto, est vasos sangüíneos, nervos autônomos e vasos linfáticos, que, jun tos, constituem o ***funículo espermático*** – uma estrutura de su porte do sistema genital masculino.

Um dos métodos de esterilização masculina é chamado d ***vasectomia*** (*tome* = incisão). É um procedimento relativame descomplicado, executado com anestesia local, no qual uma porç de cada ducto deferente é removida. No procedimento, faz-se um incisão no escroto, os ductos são amarrados em dois pontos, e porção entre os dois nós é removida. Embora a produção d espermatozóides continue nos testículos, as células não alcançam exterior, pois os canais foram cortados; os espermatozóides degene ram e são destruídos por fagocitose. A vasectomia não tem efei sobre o desejo e desempenho sexual e, se executada corretament é virtualmente 100% efetiva. Entretanto, recentemente foi relacio nada à incidência aumentada de câncer de próstata. A vasectomia reversível, com 45 a 60% de chance de recuperar a fertilidade.

Ducto Ejaculatório

Atrás da bexiga urinária estão os ***ductos ejaculatórios*** (Figu 23.6), formados pela união do ducto da vesícula seminal (a se descrita em breve) e o ducto deferente. Os ductos ejaculatóri ejetam esperma (sêmen) no interior da uretra.

Uretra

A ***uretra*** é o ducto terminal do sistema, servindo como uma via d passagem de esperma ou urina. No homem, a uretra passa atrav da próstata, do diafragma urogenital e do pênis (veja a Figura 23.1). A abertura da uretra ao exterior é chamada de ***óstio externo da uretra***.

Glândulas Sexuais Acessórias

Enquanto os ductos do sistema genital masculino armazenam transportam os espermatozóides, as ***glândulas sexuais acessórias*** secretam a maior parte da porção líquida do sêmen (a secreções das glândulas acessórias e testículos combinadas). A ***vesículas seminais*** (*seminal* = referente à semente) pareada são estruturas em forma de saco situadas junto à base da bexi urinária, à frente do reto (Figura 23.6). Elas secretam um flui alcalino e viscoso contendo frutose, prostaglandinas e proteín de coagulação (diferente das encontradas no sangue). A nature alcalina dos fluidos ajuda a neutralizar a acidez no trato geni feminino. Esta acidez inativaria e mataria os espermatozóides ca não fosse neutralizada. A frutose é utilizada para a produção d ATP no espermatozóide. As prostaglandinas contribuem para a m bilidade e a viabilidade do espermatozóide e podem, também, e timular as contrações musculares do trato genital feminino. A proteínas de coagulação auxiliam a coagulação do sêmen após ejaculação. Os fluidos secretados pelas vesículas seminais cons tuem aproximadamente 60% do volume do sêmen.

mero de espermatozóides para digerir o material que recobre o ovócito secundário. O acrosoma de um espermatozóide, produz enzimas que dissolvem a barreira.

O sêmen tem um pH levemente alcalino de 7,2 a 7,7. A secreção prostática confere uma aparência leitosa ao sêmen e os fluidos das vesículas seminais e das glândulas bulbouretrais conferem uma consistência pegajosa. O sêmen proporciona ao espermatozóide nutrientes e um meio de transporte. Neutraliza o ambiente ácido da uretra masculina e da vagina feminina. Também contém enzimas que ativam o espermatozóide após a ejaculação, e um antibiótico que mata as bactérias no próprio sêmen e no trato genital feminino.

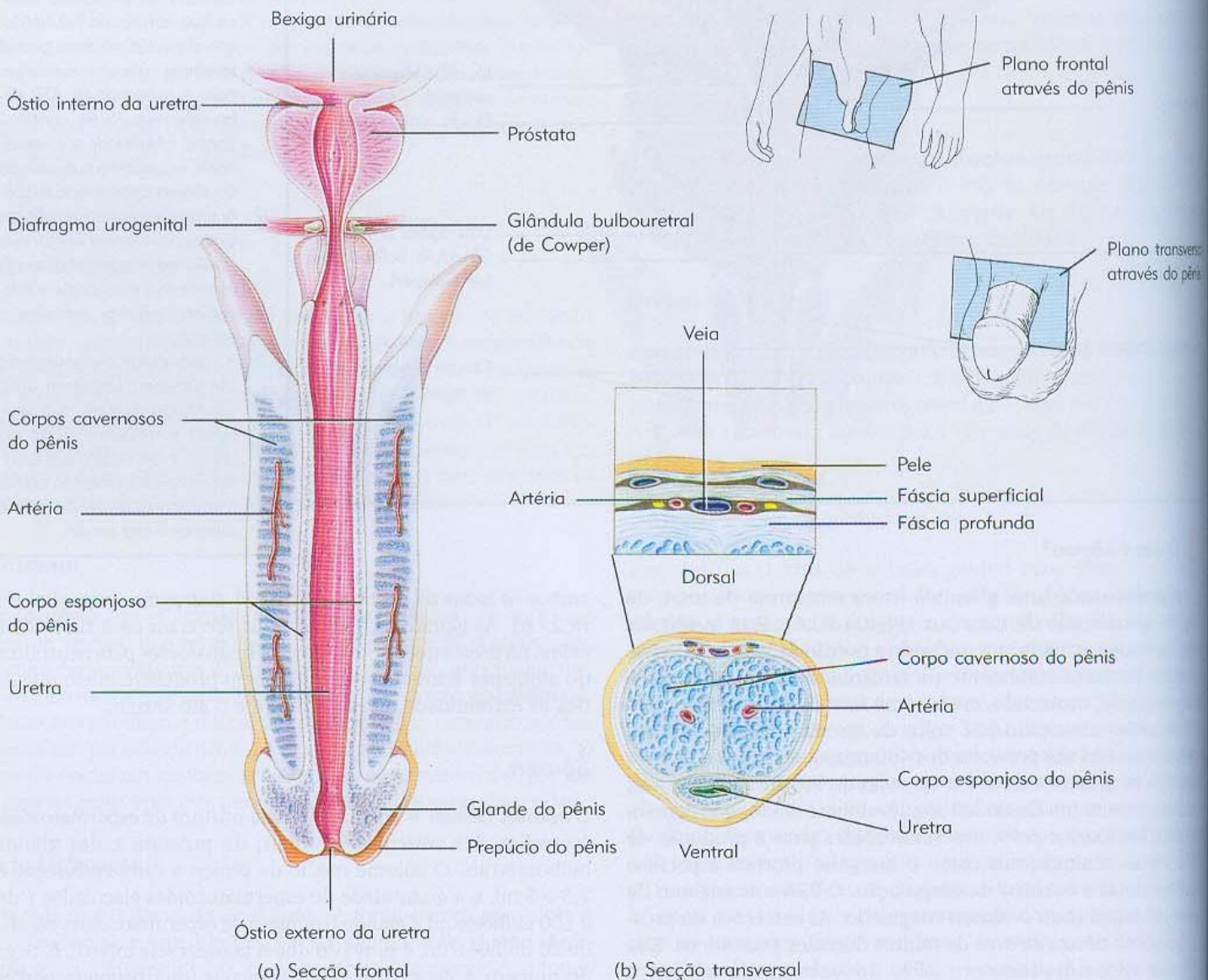
Uma vez ejaculado na vagina, o sêmen líquido coagula-se rapidamente devido às proteínas de coagulação produzidas pelas vesículas seminais. O coágulo se dissolve em 10 a 20 minutos pela ação das enzimas produzidas pela próstata. A dissolução tardia ou anormal do sêmen coagulado pode causar imobilização parcial ou completa dos espermatozóides, inibindo assim seu movimento através do colo do útero.

Pênis

O **pênis** é usado para introduzir esperma na vagina (Figura 23.7). É um órgão cilíndrico que consiste de uma raíz, um corpo e a glande do pênis. É composto de três massas de tecido erétil. As duas massas dorsais são chamadas de ***corpos cavernosos*** do pênis. A massa ventral, o *corpo esponjoso* do pênis contém a uretra.

Todas as três massas são envolvidas por fáscias e pele e consistem de tecido erétil contendo seios sangüíneos. Sob a influência de estimulação sexual, as artérias que irrigam o pênis dilatam-se,

Figura 23.7 Estrutura interna do pênis. O destaque (b) mostra detalhes da pele e da fáscia.

No pênis está o trajeto para a ejaculação do sêmen e a excreção da urina.

P ***Quais massas de tecido formam o tecido erétil do pênis e porque elas se tornam rígidas?***

A especialidade da medicina que lida com o diagnóstico e o tratamento das doenças do sistema genital feminino é chamada de ***ginecologia*** (*gineco* = mulher).

Ovários

Os ***ovários*** (*ovarium* = receptáculo de óvulos) são órgãos pareados que surgem no período fetal a partir do mesmo tecido embrionário que os testículos. São do tamanho e da forma de amêndoas. Encontram-se um de cada lado da cavidade pélvica, mantidos no lugar por ligamentos suspensórios, largos e ováricos (Figura 23.9). Cada ovário contém um ***hilo*** por onde entram nervos, vasos sanguíneos e vasos linfáticos. Consistem das seguintes partes (Figura 23.10):

1. **Epitélio germinal**. Uma camada superficial de epitélio cuboidal simples.
2. **Estroma**. Uma região de tecido conjuntivo composta de uma camada externa (o *córtex*) que contém folículos ovarianos e uma camada interna (a *medula*) que contém nervos, vasos sangüíneos e vasos linfáticos.
3. **Folículos** (*folliculus* = pequeno saco) ***ováricos*** consistem de ***ovócitos*** em vários estágios de desenvolvimento e as células que os circundam. Quando as células circundantes formam uma única camada são chamadas de ***células foliculares***. Mais tarde, quando formam várias camadas, são chamadas de ***células granulosas***. Estas células circundantes nutrem o ovócito em desenvolvimento e começam a secretar estrógenos à medida que o folículo aumenta de tamanho.

Figura 23.9 Útero e estruturas associadas. O lado esquerdo da figura foi seccionado para mostrar as estruturas internas.

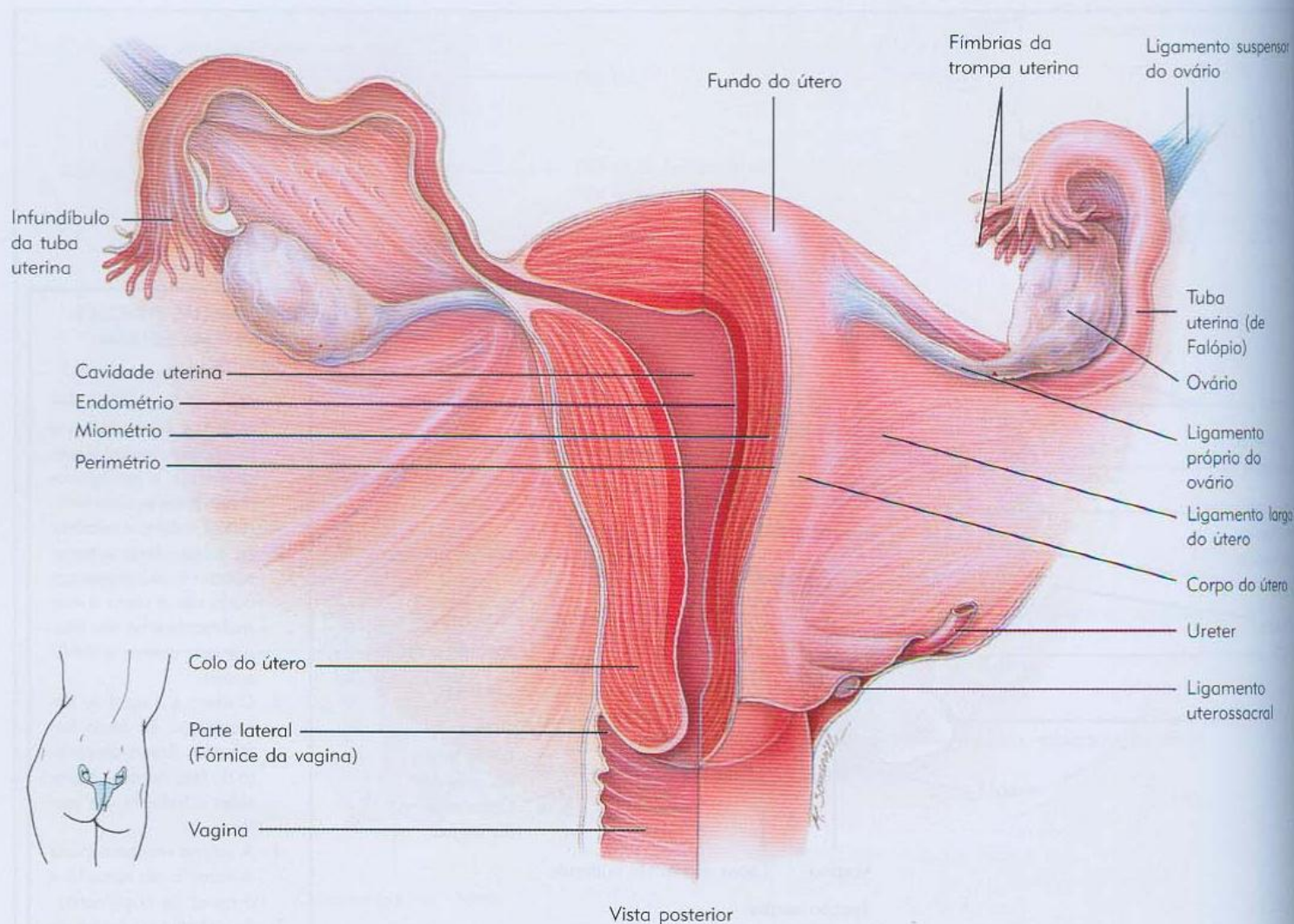
O útero é o local da menstruação, da implantação do óvulo fertilizado, do desenvolvimento do feto e do trabalho de parto.

Que ligamentos mantêm os ovários em posição?

Figura 23.11 Ovogênese. A designação 2n significa diplóide; n significa haplóide.

Em um ovócito, a divisão equatorial somente se completa ocorrendo fertilização.

P ***Como podemos comparar a idade de um ovócito primário nas fêmeas com a de um espermatócito primário nos machos?***

rentes, são produzidas, ambas com 23 cromossomos (n), com duas cromátides cada um. A menor célula produzida pela divisão reducional, chamada de ***primeiro corpúsculo polar***, é essencialmente um pacote de materiais nucleares descartados. A maior célula, conhecida como ***ovócito secundário***, recebe a maior parte do citoplasma. Uma vez que o ovócito secundário é formado, ele inicia sua divisão equatorial (meiose II), mas não a leva até o final. O folículo no qual estes eventos ocorrem, chamado de ***folículo maduro (de Graaf)*** (também chamado de ***folículo ovariano vesiculoso***), logo sofrerá ruptura liberando seu ovócito secundário. Este processo é chamado de ***ovulação***.

2. **Divisão equatorial (meiose II).** Durante a ovulação, geralmente, um ovócito secundário (com o primeiro corpúsculo polar e a coroa radiada) é expelido dentro da cavidade pélvica. Normalmente, as células são sugadas para o interior das tubas uterinas (de Falópio). Se não ocorrer fertilização, o ovócito secundário degenera-se. Entretando, havendo sêmen presente nas tubas uterinas, e um espermatozóide penetrando o ovócito secundário (fertilização), reinicia-se a divisão equatorial (meiose II). O ovócito secundário divide-se em duas células haplóides (*n*) de tamanhos diferentes. A maior célula é o ***óvulo*** (ou ovo maduro); a menor, é o ***segundo corpúsculo polar***. Então, os núcleos do espermatozóide e do óvulo unem-se, formando um ***zigoto*** diplóide (2*n*). O primeiro corpúsculo polar pode também sofrer outra divisão para produzir dois corpúsculos polares. Se isto ocorrer, ao final do processo, o ovócito primário terá originado um único óvulo haplóide (*n*) e três corpúsculos polares (*n*). Estes últimos sofrem degeneração. Assim, uma ovogônia gera um único gameta (óvulo), enquanto que uma espermatogônia produz quatro gametas (espermatozóides).

A espermatogênese e a ovogênese diferem, também, em outros aspectos. A espermatogênese é um processo contínuo, que se inicia na puberdade e continua por toda a vida; a ovogênese, que resulta na produção de um ovócito secundário, inicia durante a primeira menstruação e cessa na menopausa. Ainda, os espermatozóides são bem pequenos, têm flagelos para locomoção, e contêm poucos nutrientes; um ovócito secundário é maior, não apresenta flagelos, e contém mais nutrientes, para sua sustentação até que ocorra a implantação (após a fecundação) no útero.

Tubas Uterinas (de Falópio)

O corpo feminino contém duas ***tubas uterinas (de Falópio)*** que se localizam lateralmente ao útero e transportam os ovócitos secundários dos ovários ao útero (ver a Figura 23.9). Cada tuba apresenta uma extremidade aberta em forma de funil, o ***infundíbulo***, próxima ao ovário, da qual partem projeções digitais chamadas ***fímbrias*** (*fimbriae* = franjas), que auxiliam na coleção dos ovócitos secundários para o interior da tuba após a ovulação. A partir do infundíbulo a tuba uterina curva-se inferiormente, atingindo o corno do útero.

Aproximadamente uma vez por mês, um folículo maduro (de Graaf) rompe-se, liberando um ovócito secundário; e o processo chamado de ***ovulação***. O ovócito secundário é sugado para a tuba uterina pela ação ciliar do epitélio do infundíbulo. O ovócito é, então, transportado através da tuba, pelos cílios do seu revestimento mucoso e contrações peristálticas da túnica muscular.

A fertilização de um ovócito secundário por um espermatozóide geralmente ocorre no interior da tuba uterina. A fertilização pode ocorrer até 24 horas após a ovulação. O óvulo fertilizado (zigoto) chega ao útero dentro de um período de 7 dias. Um ovócito secundário não-fertilizado desintegra-se.

O termo ***gravidez ectópica*** (*ektopos* = deslocado) refere-se à implantação de um embrião ou feto em qualquer lugar que não o revestimento interno (endométrio) da cavidade uterina. A maioria ocorre na tuba uterina. Algumas ocorrem nos ovários, no abdome, no colo do útero e nos ligamentos largos. A causa básica de uma gravidez tubária é a passagem impedida do óvulo fertilizado através da tuba, o que pode ser causado por doença inflamatória pélvica (PID), cirurgia prévia nas tubas, gravidez ectópica anterior, tumores pélvicos ou anomalias de desenvolvimento. A gravidez ectópica caracteriza-se por ausência de uma ou duas menstruações, seguidas de sangramento vaginal acompanhado de dor pélvica aguda.

Vagina

A ***vagina*** (*vagina* = bainha) serve como passagem para o fluxo menstrual e para o feto. Também é o receptáculo do pênis durante o ato sexual (veja as Figuras 23.8 e 23.9). Situa-se entre a bexiga urinária e o reto. Um recesso chamado de ***fórnice da vagina*** (*fornix* = arca ou baú) circunda o colo do útero. O fórnice permite à mulher utilizar o diafragma contraceptivo.

A túnica mucosa da vagina é contínua com a do útero e colo e se apresenta com uma série de dobras transversais, as ***rugas***. A mucosa da vagina é um ambiente ácido que retarda o crescimento microbiano. A túnica muscular é composta de músculo liso e pode-se dilatar para receber o pênis durante o ato sexual e permitir o nascimento do feto. Na abertura da vagina para o exterior, o ***óstio vaginal***, pode haver uma fina dobra de túnica mucosa chamada de ***hímen*** (*hymen* = membrana), que o recobre parcialmente.

Vulva

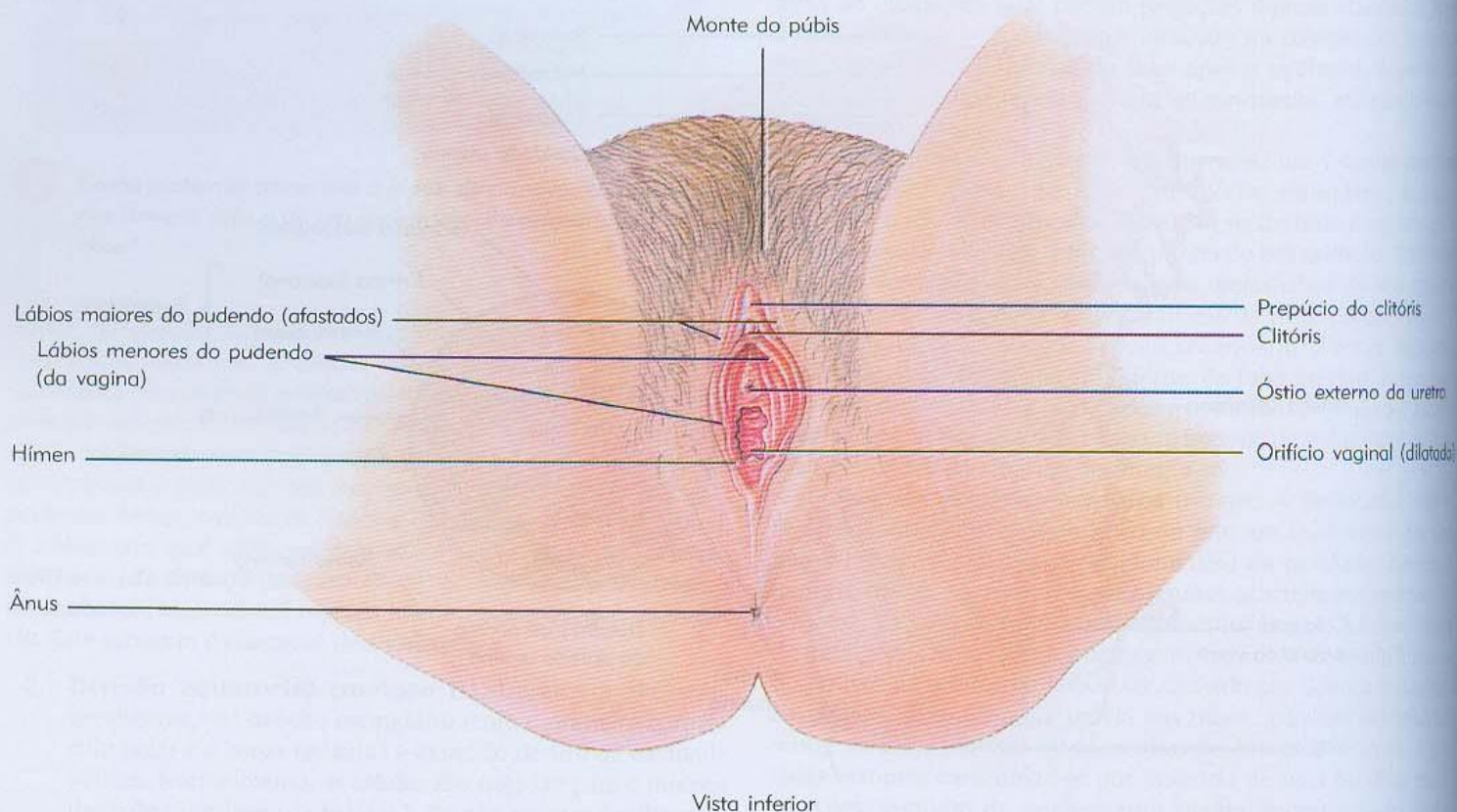
O termo ***vulva*** (*volvere* = envolver), ou ***pudendo***, refere-se aos órgãos femininos externos (Figura 23.13). Seus componentes são os que se seguem.

O ***monte do púbis*** (de Vênus) é uma elevação de tecido adiposo recoberta por pêlos pubianos grossos que protege a sínfise púbica contra choques. Do monte do púbis, duas dobras longitudinais de pele, os ***lábios maiores*** estendem-se póstero-inferiormente. Os lábios maiores e o escroto são estruturas equivalentes (homólogas) em termos de origem fetal. Os lábios maiores contêm tecido adiposo e glândulas sudoríparas e sebáceas; são recobertos por pêlos pubianos. Lábios maiores são duas dobras de pele chamadas de ***lábios maiores***. Os lábios menores não contêm pêlos pubianos e apresentam poucas glândulas sudoríparas; entretanto, contêm numerosas glândulas sebáceas.

O ***clitóris*** é uma pequena massa cilíndrica de tecido erétil e nervos. Localiza-se na junção anterior dos lábios menores. Uma camada de pele chamada de ***prepúcio*** forma-se no ponto onde os lábios menores se unem, e cobre o corpo do clitóris. A porção exposta do clitóris é a ***glande***. O clitóris e a glande peniana do homem são estruturas equivalentes (homólogas). Como o pênis, o clitóris é capaz de aumentar de tamanho quando há estimulação táctil e assume papel na excitação sexual.

A região entre os lábios menores é chamada de ***vestíbulo*** da vagina. No vestíbulo estão o hímen (quando presente); o ***óstio vaginal***, abertura da vagina para o exterior; o ***óstio externo da***

Figura 23.13 Componentes da vulva.

Como o pênis, o clitóris é capaz de aumentar sob estimulação táctil.

Que estruturas superficiais são anteriores à abertura vaginal? E laterais?

Ao nascimento, ambas glândulas mamárias de homens e mulheres estão subdesenvolvidas e aparecem como pequenas elevações no peito. Com o surgimento da puberdade sob a influência de estrógenos, as mamas femininas começam a se desenvolver; o sistema de ductos amadurece e gordura é depositada, o que aumenta o tamanho das mamas de forma variável. A aréola e o mamilo também crescem e tornam-se pigmentados.

A função das glândulas mamárias é a secreção e a ejeção de leite, juntas chamadas de ***lactação***. A secreção de leite logo após o parto é causada principalmente pelo hormônio prolactina (PRL), com o auxílio da progesterona e dos estrógenos. A ejeção de leite ocorre na presença de ocitocina (OT), que é liberada pela neuro-posterior em resposta à sucção do recém-nascido. A lactação será considerada em detalhes no próximo capítulo.

Puberdade Feminina

Os fatores que determinam o surgimento da puberdade feminina não são mais conhecidos que aqueles que determinam a puberdade masculina. Os níveis pré-puberais de LH, FSH e estrógenos são baixos. Por volta dos 7 a 8 anos de idade, a secreção dos andrógenos adrenais começa a aumentar. O surgimento da puberdade é sinalizado por picos de LH e FSH associados à sonolência. À medida que a puberdade progride, aumentam os níveis LH e FSH durante o dia. Os níveis aumentados estimulam a secreção de estrógenos pelos ovários, o que provoca o desenvolvimento das características sexuais secundárias. Estas incluem a distribuição de gordura pelas mamas, pelo abdome, pelo monte do púbis e pelos quadris, um aumento da vascularização da pele, variação do tom da voz, alargamento da pelve, alteração do padrão dos cabelos. (O crescimento das mamas é o primeiro sinal observável da puberdade.) Os estrógenos também estimulam o crescimento das tubas uterinas, do útero e da vagina e causam a ***menarca***, que é a primeira menstruação, na idade média de 12 anos. Mas a primeira ovulação não ocorre até 6 a 9 meses após a menarca, porque a retroalimentação positiva de estrógenos sobre o LH e o FSH é o último passo na maturação do ciclo hipotalâmico-hipofisário-ovariano, discutido em seguida.

Ciclo Reprodutivo Feminino

Objetivo: *Explicar as funções dos hormônios femininos e então definir os ciclos menstrual e ovariano e explicar como eles estão relacionados.*

O termo geral ***ciclo reprodutivo feminino*** refere-se aos ciclos menstrual e ovariano e os ciclos hormonais que os regulam. Ele também inclui outras mudanças cíclicas nos órgãos genitais femininos. Neste ponto, consideraremos os ciclos menstrual e ovariano e sua regulação hormonal.

O ciclo ***menstrual*** (= mensal) é uma série de mudanças no endométrio de uma mulher não-grávida. Cada mês, o endométrio é preparado para o recebimento de um óvulo fertilizado. Se não ocorrer a fertilização, o estrato funcional do endométrio se descola. O ***ciclo ovariano*** é uma série mensal de eventos associados à maturação de um ovócito.

Regulação Hormonal

Os ciclos menstrual e ovariano são controlados pelo hormônio de liberação da gonadotrofina (GnRH), do hipotálamo (Figura 23.15). O GnRH estimula a liberação do hormônio folículo-estimulante (FSH) e do hormônio luteinizante (LH), da adeno-hipófise. O FSH estimula a secreção inicial de estrógenos pelos folículos em crescimento. O LH estimula o desenvolvimento dos folículos ovarianos e sua secreção de estrógenos, provoca a ovulação, promove a formação do corpo lúteo e estimula a produção de estrógenos, progesterona, relaxina e inibina pelo corpo lúteo.

Os ***estrógenos***, que são secretados pelas células foliculares, promovem o desenvolvimento e a manutenção das estruturas genitais femininas, especialmente o revestimento endometrial uterino e as características sexuais secundárias, incluindo as mamas. Os estrógenos também controlam o equilíbrio fluido e eletrolítico, e, com o hormônio de crescimento humano (hGH), aumentam o anabolismo protéico. Níveis moderados de estrógenos no sangue inibem a liberação de GnRH pelo hipotálamo, que, por sua vez, inibe a secreção de FSH pela adeno-hipófise. Esta inibição é a base da ação de um tipo de pílula anticoncepcional.

A ***progesterona***, secretada principalmente pelo corpo lúteo, trabalha com os estrógenos na preparação do endométrio para a implantação de um óvulo fertilizado e das glândulas mamárias para a secreção de leite. Altos níveis de progesterona também inibem o GnRH e o LH.

A ***inibina*** é secretada pelos folículos em crescimento e pelo corpo lúteo. Ela inibe a secreção de FSH e, em menor extensão, do LH.

A relaxina é produzida pelo corpo lúteo e placenta durante os estágios da gravidez. Isto facilita o parto, relaxando a sínfise púbica e auxiliando na dilatação do colo do útero.

O quadro 23.1 apresenta um resumo dos hormônios que regulam o ciclo reprodutivo feminino.

Fase Menstrual (Menstruação)

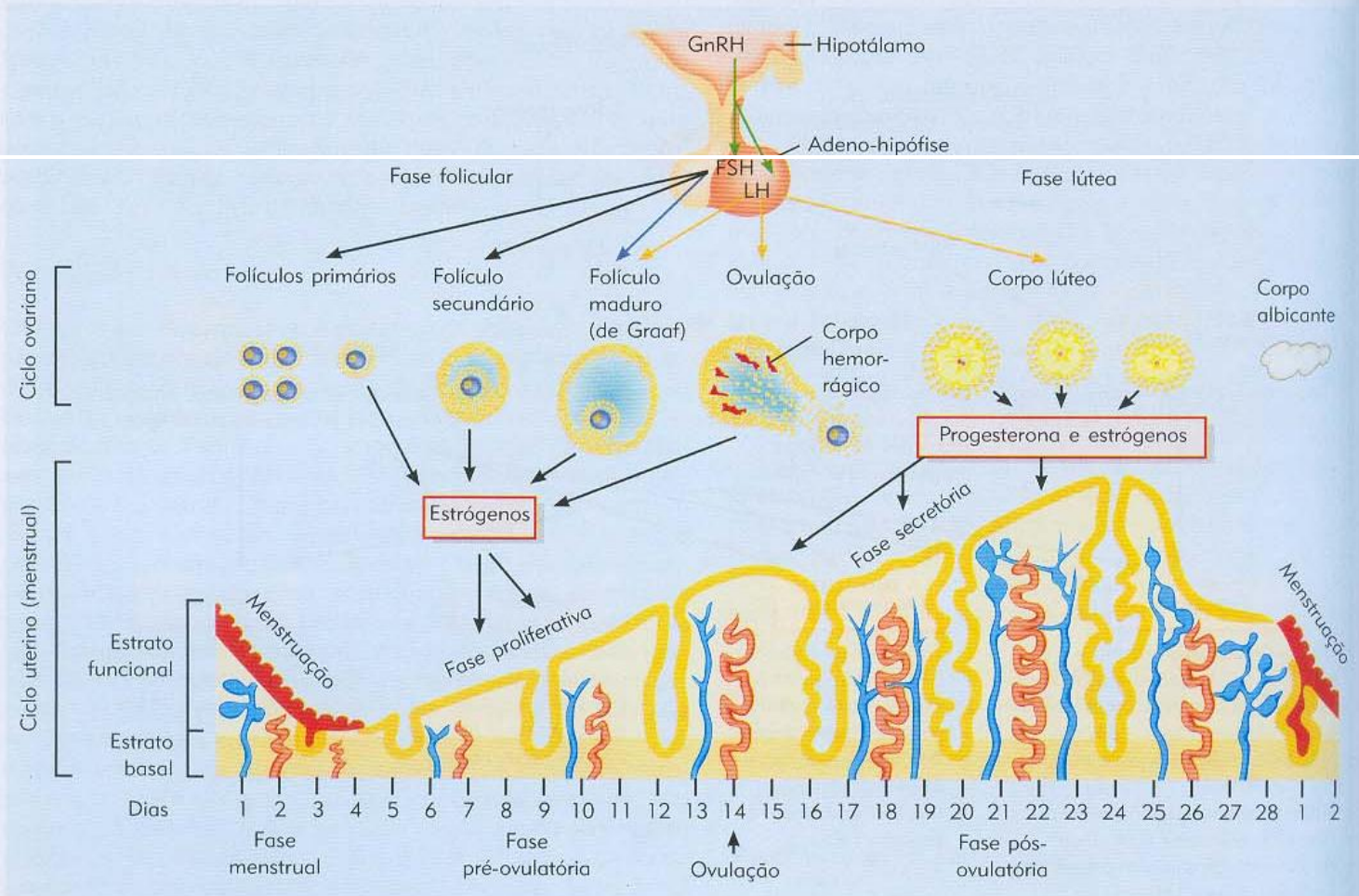
O ciclo menstrual varia de 24 a 35 dias, com um média de 28 dias. O ciclo menstrual pode ser dividido em três fases: a fase menstrual, a fase pré-ovulatória e a fase pós-ovulatória (Figura 23.16).

A ***fase menstrual***, também chamada de *menstruação*, dura aproximadamente os primeiros 5 dias do ciclo. (Por convenção, o primeiro dia da menstruação marca o primeiro dia de um novo ciclo.)

EVENTOS NOS OVÁRIOS Durante a fase menstrual, aproximadamente 20 folículos secundários pequenos, alguns em cada ovário, iniciam seu crescimento. O fluido folicular, secretado pelas células granulosas, acumula-se na cavidade folicular que aumenta de tamanho enquanto o ovócito permanece próximo à extremidade do folículo.

EVENTOS NO ÚTERO O fluxo menstrual uterino consiste de 50 a 150 ml de sangue e células do tecido endometrial. A liberação ocorre porque os níveis declinantes de estrógenos e progesterona causam uma constrição das artérias espirais uterinas. Como resultado, as células que elas irrigam tornam-se isquêmicas (deficientes de san-

Figura 23.16 Correlação dos ciclos uterino e ovariano com os hormônios da adeno-hipófise e do hipotálamo. No ciclo mostrado, fertilização e implantação não ocorreram.

 A fase pré-ovulatória é a mais variável em duração.

P *Quais hormônios estimulam diretamente a proliferação do endométrio?*

gue) e começam a morrer. Eventualmente, o estrato funcional inteiro desprende-se. Neste momento, o endométrio fica muito fino porque somente o estrato basal permanece. O fluxo menstrual passa da cavidade uterina ao cérvix e através da vagina ao exterior.

Fase Pré-ovulatória

A ***fase pré-ovulatória***, a segunda fase do ciclo reprodutivo feminino, é o período decorrente entre a menstruação e a ovulação. A fase pré-ovulatória do ciclo é mais variável em duração que as outras fases e é a responsável pela maior parte da diferença quando os ciclos são mais curtos ou longos do que 28 dias. Ela dura de 6 a 13 dias em um ciclo de 28 dias.

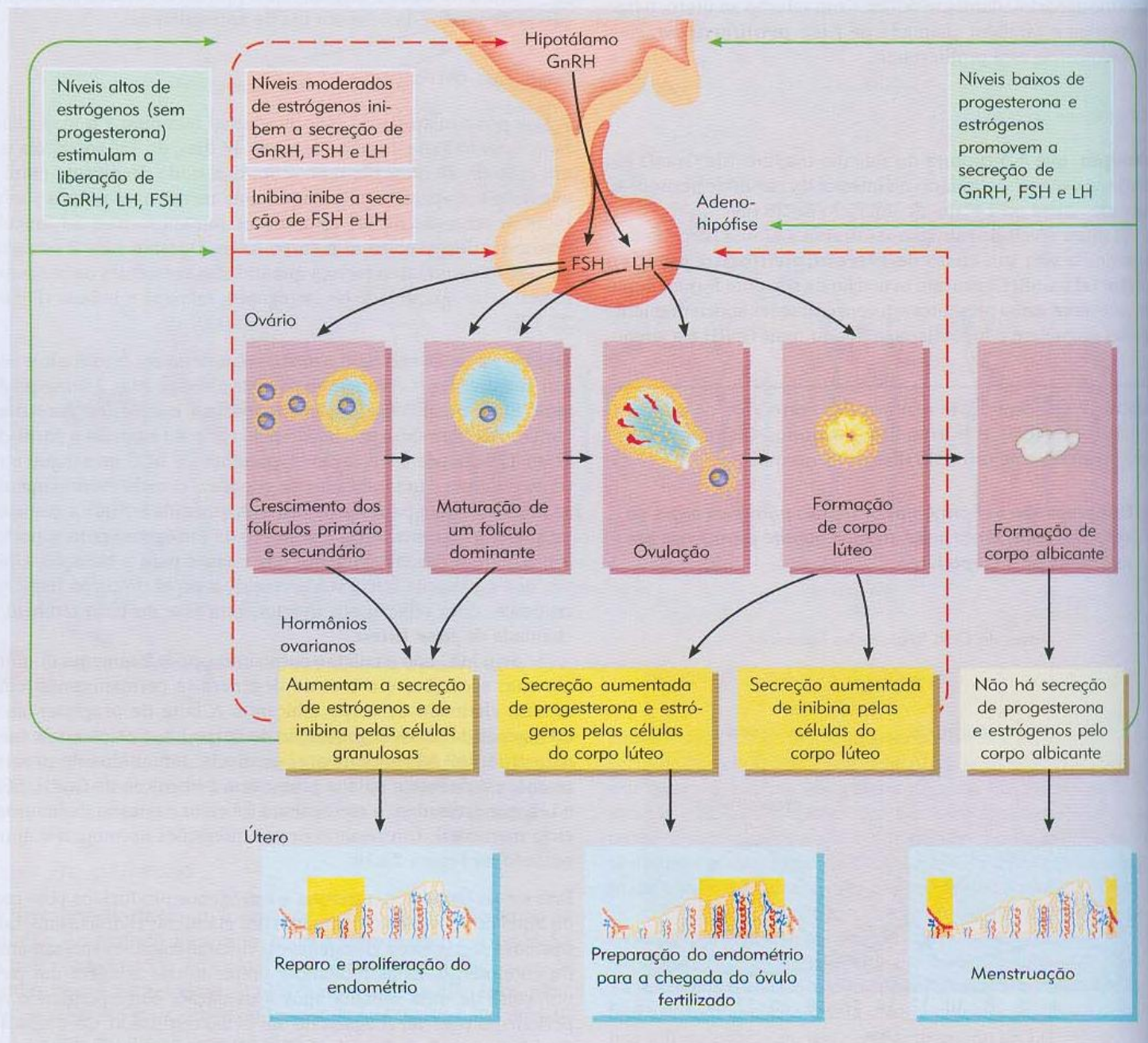
Eventos nos Ovários Sob a influência do FSH, cerca de 20 folículos secundários continuam seu crescimento e iniciam a secreção de estrógenos e inibina. Por volta do 6º dia, um folículo em um dos ovários terá crescido mais que outros e é assim o folículo dominante. Os estrógenos e a inibina secretados pelo folículo dominante diminuem a secreção de FSH, que causa a parada do crescimento de outros folículos menos desenvolvidos e sua morte (atrofia).

O folículo dominante torna-se o ***folículo maduro (de Graaf)*** que continua a aumentar de tamanho até que esteja pronto para a ovulação. Este folículo causa uma protuberância globular na superfície do ovário. Durante o processo de maturação final, o folículo dominante continua a aumentar sua produção de estrógenos sob influência de um nível aumentado de LH (Figura 23.17).

Menopausa

O ciclo menstrual normalmente ocorre uma vez a cada mês desde a menarca até a ***menopausa*** (*mens* = mensal; *pausa* = paralisação), a última mestruação. O advento da menopausa é sinalizado pelo ***climatério***: ciclos menstruais cada vez menos freqüentes. O climatério inicia-se tipicamente entre os 40 e 50 anos de idade. Algumas mulheres experimentam períodos de "calor", sudorese acentuada, dores de cabeça, insônia e instabilidade emocional. Nas mulheres em pós-menopausa ocorre alguma atrofia dos ovários, das tubas uterinas, do útero, da vagina, dos órgãos genitais externos e das mamas.

A menopausa ocorre por causa da degeneração dos ovários envelhecidos. Durante os anos de ciclo menstrual, o número de folículos primários diminui, causando uma diminuição na produção de óvulos, estrógenos e progesterona pelos ovários.

Figura 23.18 Resumo das interações hormonais dos ciclos ovariano e uterino.

P ***Quando os níveis em declínio de estrógenos e progesterona estimulam a secreção de GnRH, isto é um efeito de retroalimentação positiva ou negativa? Por quê?***

Doenças Comuns

Doenças Sexualmente Transmissíveis (DST)

O termo geral ***doenças sexualmente transmissíveis (DST)*** aplica-se a qualquer um dos grandes grupos de doenças que são contraídas sexualmente ou possam ser contraídas de outra maneira mas que são transmitidos a um parceiro sexual. O grupo inclui condições tradicionalmente especificadas como ***doenças venéreas (DV)*** (de Vênus, deusa do amor na mitologia Romana), tais como a gonorréia, sífilis e a herpes genital, bem como outras condições.

Gonorréia

A ***gonorréia*** (*gonos* = semente; *rhein* = fluir) é uma doença infecciosa sexualmente transmissível que afeta primariamente a túnica mucosa do trato urogenital, o reto e, ocasionalmente, os olhos. Ela é causada pela bactéria *Neisseria gonorrhoeae*. Líquidos liberados das túnicas mucosas infectadas transmitem a bactéria por contato direto, geralmente sexual. Durante a passagem de um recém-nascido pelo canal do parto, os olhos do bebê podem ser infectados. Os homens geralmente sofrem de inflamação da uretra com pús e micção dolorosa. Nas mulheres, a infecção pode ocorrer na uretra, na vagina, no colo do útero, freqüentemente com um corrimento purulento. Entretanto, com freqüência, homens e mulheres não apresentam sintoma algum. O tratamento é com antibióticos, principalmente a ceftriaxona. A gonorréia não-tratada em mulheres pode levar à esterilidade como resultado dos danos causados às tubas uterinas.

Sífilis

A ***sífilis*** é uma doença sexualmente transmissível causada pela bactéria *Treponema pallidum*. Ela é transmitida através de contato sexual, transfusão sangüínea ou através da placenta ao feto. A doença progride através de vários estágios: primário, secundário, de latência e, algumas vezes, terciário. Durante o ***estágio primário***, o sintoma principal é uma ferida aberta indolor, chamada de ***cancro***, no ponto de contato. O cancro sara em 1 a 5 semanas. De 6 a 24 semanas após, sintomas tais como rachaduras da pele, febre, e dores nas articulações e músculos indicam o ***estágio secundário***. Estes sintomas desaparecem em aproximadamente 4 a 12 semanas e a doença deixa de ser infecciosa, mas um teste sangüíneo para a presença da bactéria geralmente permanece positivo. Durante este período "assintomático", chamado de ***estágio de latência***, a bactéria pode invadir outras estruturas do corpo. Quando outras estruturas tornam-se infectadas (geralmente o cérebro, válvulas cardíacas e aorta), a doença é dita no *estágio terciário*. O tratamento é com penicilina.

Herpes Genital

A doença sexualmente transmissível ***herpes genital*** é comum na América do Norte e, diferentemente da sífilis e gonorréia, é incurável. O vírus herpes simples tipo I causa a maioria das infecções acima da cintura, como as aftas e ulcerações ao redor da boca. O vírus herpes simples tipo II causa a maioria das infecções abaixo da cintura, tais como as dolorosas bolhas genitais no prepúcio, glande, e corpo do pênis nos homens e na vulva e, algumas vezes, no fundo da vagina nas mulheres. As bolhas desaparecem e reaparecem na maioria dos pacientes, mas o vírus, propriamente dito, permanece no corpo e causa recorrência de sintomas como febre, linfonodos edemaciados e, algumas vezes, amolecidos e numerosos agrupamentos de bolhas genitais.

Tricomoníase

O microrganismo *Trichomonas vaginalis*, um protozoário flagelado, causa a ***tricomoníase***, uma inflamação da túnica mucosa da vagina em mulheres e da uretra em homens. Os sintomas incluem um corrimento vaginal amarelado e intenso prurido vaginal nas mulheres. O metronidazol por via oral é utilizado como tratamento.

Clamídia

A ***clamídia*** é uma doença sexualmente transmissível causada pela bactéria *Chlamydia trachomatis*, e é, atualmente, uma das mais prevalentes e danosas DSTs. Nos homens, é caracterizada por micção freqüente, dolorosa e sensação de queimação e dores lombares. Nas mulheres, a uretrite pode-se espalhar pelo trato genital e causar inflamação das tubas uterinas, o que aumenta os riscos de gestação ectópica e esterilidade. Como na gonorréia, os olhos do recém-nascido podem ser contaminados durante o nascimento.

Verrugas Genitais (Papilomas)

As verrugas são uma doença infecciosa causada por viroses. A transmissão sexual de ***verrugas genitais*** é comum e é causada pelo ***papilomavírus humano*** (HPV). É estimado que aproximadamente 1 (um) milhão de pessoas por ano desenvolvam papilomas genitais somente nos Estados Unidos. Pacientes com uma história de verrugas genitais podem apresentar risco aumentado de certos tipos de câncer (cervical, vaginal, anal, vulvar e peniano). Não existe cura para as verrugas genitais. O tratamento consiste de crioterapia (congelamento) com nitrogênio líquido, eletrocauterização, excisão cirúrgica, *laser* e aplicação tópica de certas drogas antivirais. O alfa-interferon também pode ser injetado para tratar as verrugas genitais.

Doenças Masculinas

Câncer Testicular

O câncer testicular é um dos cânceres mais comuns em homens e está associado a homens com um histórico de descida tardia dos testículos ou testículos que não desceram. A maioria dos cânceres testiculares origina-se nas células produtoras de espermatozóides. Os sinais iniciais do câncer testicular são a presença de um tumor (massa) no(s) testículo(s), freqüentemente acompanhado de dor ou desconforto. O tratamento envolve a remoção dos testículos afetados.

Doenças da Próstata

A próstata é susceptível a infecções, à hipertrofia e a tumores benignos e malignos. Como a próstata circunda a uretra, qualquer destas doenças podem obstruir o fluxo de urina e resultar em sérias alterações na bexiga urinária, nos ureteres e nos rins e pode perpetuar infecções do trato urinário. Assim sendo, se a obstrução não for contornada por outros meios, a remoção cirúrgica de parte ou toda a glândula (prostectomia) é necessária.

O ***câncer de próstata*** é a principal causa de morte por câncer em homens nos Estados Unidos. Sua incidência está re-

ocorre principalmente em mulheres entre os 30 e 50 anos e é provavelmente decorrente de um desequilíbrio hormonal; um excesso relativo de estrógenos ou deficiência de progesterona na fase pós-ovulatória (lútea) do ciclo reprodutivo pode ser responsável. A fibrocistose geralmente causa encaroçamento, inchaço e amolecimento em uma ou ambas as mamas, por volta de uma semana antes do início da menstruação.

O ***fibroadenoma*** benigno é uma causa comum de tumores de mama. Ele ocorre com maior freqüência em mulheres jovens. Os fibroadenomas apresentam uma consistência firme de borracha e são facilmente movimentados dentro do tecido mamário. O tratamento usual é a excisão cirúrgica do crescimento. A mama não é removida.

Uma em cada nove mulheres americanas enfrenta a perspectiva de ***câncer de mama***. Depois do câncer dos pulmões, é a segunda maior causa de morte por câncer em mulheres americanas, mas raramente ocorre nos homens. Nas mulheres, o câncer de mama é raramente observado antes dos 30 anos de idade, e sua ocorrência aumenta rapidamente após a menopausa. Uma estimativa de 5% dos 180.000 casos diagnosticados cada ano nos Estados Unidos, particularmente aqueles surgidos em mulheres mais jovens, derivam de mutações genéticas herdadas (alterações no DNA). Dois genes que aumentam a suscetibilidade ao câncer de mama foram identificados. O câncer de mama é geralmente não-doloroso até que esteja bastante avançado, assim sendo, freqüentemente ele não é detectado, ou é ignorado, na fase inicial. Qualquer encaroçamento, não importa o tamanho, deve ser informado ao médico prontamente. A detecção no início do processo – através de auto-exames e mamografias – é a melhor maneira de aumentar as chances de sobrevivência.

É estimado que 95% dos casos de câncer de mama são detectados pelas próprias portadoras. Cada mês, após o período menstrual, as mamas deveriam ser completamente examinadas para a detecção de encaroçamentos, enrrugamentos da pele ou liberação de fluidos pelos mamilos.

A técnica mais efetiva para a detecção de tumores menores do que 1 cm de diâmetro é a ***mamografia***. Ela é um tipo de radiografia que utiliza um filme de raio X muito sensível. A imagem das mamas, chamada de ***mamograma***, é obtida pelo posicionamento das mesmas, uma de cada vez, sobre uma superfície plana, usando-se uma placa plana para comprimir para uma melhor imagem. Um procedimento suplementar para a avaliação de anormalidades a mama é o ***ultra-som***. Embora o ultrasom não possa detectar tumores menores que 1 cm de diâmetro, ele pode ser usado para determinar se um caroço é benigno, é um cisto preenchido por fluidos ou um tumor sólido e possivelmente maligno.

Entre os fatores que aumentam os riscos de desenvolvimento de câncer de mama estão (1) uma história familiar de câncer de mama, especialmente a mãe ou irmã; (2) nunca haver tido filho ou ter tido o primeiro filho após os 34 anos de idade; (3) occorência prévia de câncer em uma das mamas; (4) exposição a radiações ionizantes, tais como raios X; (5) gordura excessiva e ingestão de álcool; e (6) fumo. Estudos recentes nos Estados Unidos mostraram que as pílulas anticoncepcionais modernas, com baixas doses hormonais, não aumentam o risco de desenvolvimento de câncer de mama.

A *American Cancer Society (ACS)* recomenda os seguintes passos para auxiliar no diagnóstico do câncer de mama tão cedo quanto possível:

1. Um mamograma deve ser feito entre os 35 e 39 anos de idade, para ser utilizado mais tarde para comparação (mamograma-base).
2. Um médico deve examinar as mamas da mulher a cada três anos, quando ela estiver entre os 20 e 40 anos, e a cada ano após os 40 anos de idade.
3. Mulheres que não apresentem sintomas devem realizar um mamograma a cada ano ou bianualmente entre os 40 e 49 anos, e a cada ano após os 50 anos de idade.
4. Mulheres de qualquer idade com uma história de câncer de mama, uma história familiar da doença ou outros fatores de risco devem consultar um médico para fazer uma mamografia.
5. Todas as mulheres acima dos 20 anos deveriam habituar-se ao auto-exame mensal das mamas.

O tratamento para o câncer de mama pode envolver terapias hormonais, quimioterapia, radioterapia, ***lumpectomia*** (remoção unicamente do tumor ou de parte do tecido circundante), uma mastectomia modificada ou radical ou uma combinação destas. Uma ***mastectomia radical*** envolve a remoção da mama afetada juntamente com os músculos peitorais e linfonodos axilares relacionados. Os linfonodos são removidos porque as metástases de células cancerosas disseminam-se através de vasos linfáticos e sangüíneos. A radioterapia e a quimioterapia podem seguir-se à cirurgia para assegurar a destruição de qualquer célula cancerosa remanescente. Através do uso de implantes artificiais, pele, gordura e músculos de outras partes do corpo, a mama pode ser reconstruída após uma mastectomia radical. Utilizando-se estas técnicas, é possível a reconstrução de mamas muito próxima ao seu estado natural.

Câncer Cervical

Outra doença comum do trato genital feminino é o ***câncer cervical***, um carcinoma do colo do útero. A condição começa com uma ***displasia cervical***, uma alteração do formato, tamanho e número de células cervicais. Se a condição é mínima, as células podem regredir a seu estado normal. Se é grave, ela pode evoluir para um câncer. O câncer cervical pode ser detectado, na maioria dos casos, nos seus estágios iniciais por um esfregaço Papanicolaou. Há evidências ligando o câncer cervical a uma infecção por papilomavírus peniano dos parceiros sexuais. Dependendo do progresso da doença, o tratamento pode exigir excisão cirúrgica das lesões, radioterapia, quimioterapia e histerectomia (remoção do útero).

Câncer ovárico

O ***câncer ovárico*** ocupa o quinto lugar entre todas as doenças malignas da mulher e geralmente ocorre em mulheres nos seus 50 anos. Tipicamente, a doença não é detectada no seu estágio inicial porque não existem sintomas. Também inexistem métodos efetivos para prevenção ou triagem. Na maioria das pacientes, o diagnóstico não é realizado até que a doença tenha se espalhado no interior ou além da pelve. Para pacientes com

10. A inibina é produzida pelas células de sustentação (Sertoli). Sua inibição do FSH auxilia na regulação da taxa de espermatogênese.

Puberdade Masculina (p. 527)

1. A puberdade refere-se ao período no qual as características sexuais secundárias começam a se desenvolver e atinge-se o potencial para a reprodução sexuada.
2. O aparecimento da puberdade masculina é sinalizado pelos níveis aumentados de LH, FSH e testosterona.

Ductos (p. 528)

1. O sistema de ductos dos testículos inclui os túbulos seminíferos contorcidos, os túbulos seminíferos retos e a rede do testículo.
2. Os espermatozóides são transportados para fora dos testículos para um órgão adjacente, o epidídimo.
3. O ducto do epidídimo é o local de maturação e armazenagem dos espermatozóides.
4. Os ductos deferentes armazenam e propulsionam os espermatozóides em direção à uretra durante a ejaculação.
5. A alteração dos ductos deferentes para evitar a fertilização é chamada de vasectomia.
6. Os ductos ejaculatórios são formados pela união dos ductos das vesículas seminais e dos ductos deferentes e ejetam esperma para o interior da uretra.
7. A uretra masculina atravessa a próstata, o diafragma urogenital e o pênis.

Glândulas Sexuais Acessórias (p. 528)

1. As vesículas seminais secretam um fluido alcalino e viscoso que constitui a maior parte do volume do sêmen e contribui para a viabilidade dos espermatozóides. Também contém proteínas que ajudam na coagulação do sêmen após sua ejaculação.
2. A próstata secreta um fluido levemente ácido que é usado pelos espermatozóides para a produção de ATP e liquefação do sêmen coagulado.
3. As glândulas bulbouretrais (de Cowper) secretam muco para a lubrificação e uma substância alcalina que neutraliza a acidez uretral e vaginal.

Sêmen (p. 529)

1. O sêmen é uma mistura de espermatozóides e secreções das glândulas acessórias.
2. Ele é o fluido no qual os espermatozóides são transportados, nutridos e neutraliza a acidez da uretra masculina e da vagina feminina.

Pênis (p. 530)

1. O pênis é o órgão masculino de copulação.
2. A expansão de seus seios sangüíneos sob a influência da excitação sexual é chamada ereção.

Sistema Genital Feminino (p. 531)

1. Os órgãos genitais femininos incluem os ovários (gônadas), as tubas uterinas, o útero, a vagina e a vulva.
2. As glândulas mamárias são consideradas parte do sistema genital.

Ovários (p. 532)

1. Os ovários são as gônadas femininas, localizadas na parte superior da cavidade pélvica (pelve maior) em ambos os lados do útero.
2. Eles produzem e liberam os ovócitos secundários (ovulação) e secretam estrógenos, progesterona, inibina e relaxina.
3. A ovogênese ocorre nos ovários. Resulta na formação de um único óvulo haplóide.
4. A ovogênese consiste das divisões reducional e equatorial.

Tubas Uterinas (de Falópio) (p. 534)

1. As tubas uterinas transportam os ovócitos secundários dos ovários ao útero e são os locais normais da fertilização.
2. A implantação do zigoto fora do útero é chamada de gravidez ectópica.

Útero (p. 536)

1. O útero é um órgão em forma de pêra invertida que funciona na menstruação, na implantação de um óvulo fertilizado, no desenvolvimento do feto durante a gestação e no trabalho de parto.
2. A camada interna da parede uterina é o endométrio, que sofre alterações pronunciadas durante o ciclo menstrual.

Vagina (p. 536)

1. A vagina é o canal de passagem para o fluxo menstrual, o receptáculo do pênis durante o ato sexual e a porção inferior do canal do parto.
2. Ela é capaz de uma distensão considerável para o desempenho de suas funções.

Vulva (p. 536)

1. A vulva é um termo coletivo para os órgãos genitais externos femininos.
2. Consiste do monte do púbis, do lábio maior, do lábio menor, do clitóris, do vestíbulo, da vagina e dos óstios da uretra, das glândulas uretrais (Skene) e das glândulas vestibulares maiores (Bartholin).

Períneo (p. 537)

1. O períneo é uma área em forma de losango localizada na porção inferior do tronco, entre as coxas e as nádegas.
2. Uma incisão cirúrgica na pele do períneo antes do parto é chamada episiotomia.

Glândulas Mamárias (p. 537)

1. As glândulas mamárias são glândulas sudoríparas modificadas localizadas sobre o músculo peitoral maior. Sua função é a secreção e ejeção láctea (lactação).
2. O desenvolvimento das glândulas mamárias depende dos estrógenos e da progesterona.
3. A secreção láctea é decorrente principalmente do hormônio prolactina (PRL).

Puberdade Feminina (p. 538)

1. O aparecimento da puberdade feminina é sinalizada pelos níveis aumentados de LH, FSH e estrógenos.
2. Os hormônios causam o desenvolvimento das características sexuais secundárias.

c. nas vesículas seminais
d. na rede do testículo
e. no ducto ejaculatório

10. No homem, a glândula que circunda a uretra na base da bexiga é a
a. próstata
b. glande do pênis
c. vesícula seminal
d. glândula bulbouretral
e. glândula vestibular maior

11. Após a ovulação, o ovócito secundário entra
a. no colo do útero
b. no fórnice da vagina
c. no infundíbulo da tuba uterina
d. no fundo do útero
e. na vagina

12. O momento da maturação dos folículos corresponde à
a. ovulação
b. fase menstrual
c. fase pré-ovulatória
d. fase secretória
e. fase pós-ovulatória

13. A cessação do ciclo menstrual chama-se
a. menarca
b. menopausa
c. menstruação
d. período
e. fase pós-ovulatória

14. Circuncisão é a remoção
a. do prepúcio
b. do hímen
c. do períneo
d. da glande do pênis
e. do ducto deferente

Aplicação do Pensamento Crítico

1. Trace a rota dos ductos deferentes desde sua origem até sua junção com os ductos das vesículas seminais, dando nomes a todas as estruturas através das quais eles passam. Em que parte desta rota seria feita uma vasectomia?
2. Mittelschmerz é o nome de uma dor abdominal que dura algumas horas e que ocorre mais ou menos no meio do ciclo menstrual de uma mulher. Usando seu conhecimento do ciclo ovariano, ofereça uma explicação para a causa da dor.
3. Uma mulher, com história de doença inflamatória pélvica, chegou ao hospital com dor intensa na região pélvica. Sua menstruação estava atrasada e um teste de gravidez deu resultado positivo. Qual poderia ser o problema médico desta gravidez?
4. Janelle, de 35 anos, teve indicação para histerectomia devido a problemas médicos. Ela está preocupada que este procedimento vá causar menopausa. Esta preocupação é válida? Explique o que está envolvido neste procedimento.
5. Imagine que você é um espermatozóide preparando-se para uma jornada em direção a um ovócito secundário ovulado. Faça uma lista das necessidades para esta longa jornada através do trato genital feminino e a eventual fertilização do ovócito. Como a estrutura do espermatozóide e os componentes do sêmen ajudam a preencher estas necessidades?
6. Phil prometeu a sua mulher que faria uma vasectomia após o nascimento do próximo filho. Entretanto, ele se preocupa com os possíveis efeitos negativos em sua virilidade. O que você poderia dizer-lhe para acalmá-lo com relação ao procedimento?

Respostas às Perguntas das Figuras

23.1 Estrutura de suporte.
23.2 As espermatogônias (células-tronco) são as menos maduras; os espermatozóides são as mais maduras.
23.3 Porque o número de cromossomos de cada célula é reduzido à metade.
23.4 A cabeça contém enzimas para penetração no ovócito secundário e DNA; a peça intermediária contém mitocôndrias para produção de ATP; a cauda é um flagelo que dá propulsão.
23.5 A testosterona inibe a secreção de LH através da inibição de GnRH e a inibina inibe a secreção de FSH.
23.6 As secreções combinadas das glândulas sexuais acessórias e dos testículos.
23.7 Dois corpos cavernosos e um corpo esponjoso contêm seios que se enchem de sangue. Este sangue não consegue sair do pênis com a mesma rapidez com que entra, e o sangue aprisionado enrijece o tecido.
23.8 Vulva ou pudendo.
23.9 Ligamentos largo próprio do ovário, suspensor do ovário.
23.10 Folículos ováricos secretam estrógenos e o corpo lúteo secreta estrógenos, progesterona, relaxina e inibina.
23.11 Ovócitos primários estão presentes no ovário quando do nascimento, então são tão velhos quanto a mulher é. Nos homens, os espermatócitos primários são continuamente formados a partir de espermatogônias e, por isto, têm apenas alguns dias de vida.
23.12 O estrato basal fornece as células que repõem aquelas perdidas (estrato funcional) durante cada menstruação.
23.13 Anterior: monte do púbis, clitóris, prepúcio e óstio externo da uretra; lateral: lábios maioes e menores.
23.14 Síntese: prolactina, estrógenos, progesterona; liberação: oxitocina.
23.15 Relaxina.
23.16 Estrógenos.
23.17 Hormônio luteinizante (LH).
23.18 Negativo, porque a resposta é oposta ao estímulo. A progesterona e os estrógenos diminuindo estimulam a liberação de GnRH, o que, por sua vez, aumenta a produção e a liberação de estrógenos.

Agora que você já aprendeu sobre a estrutura e as funções dos sistemas genitais feminino e masculino, iremos examinar a fisiologia da relação sexual, os principais eventos da gestação e da lactação, os métodos anticoncepcionais e os princípios básicos da herança genética.

Relação Sexual

Objetivo: *Descrever os papéis do homem e da mulher na relação sexual.*

A ***relação sexual*** ou ***cópula*** (em humanos denominado ***coito***) é o processo pelo qual o esperma é depositado no interior da vagina.

Ato Sexual Masculino

Ereção

O papel masculino no ato sexual se inicia com a ***ereção***, ou seja, o intumescimento e o endurecimento do pênis. Uma ereção pode-se iniciar no cérebro, por meio de estímulos de antecipação, como a memória e as sensações visuais, ou pode ser um reflexo da estimulação tátil do pênis, especialmente na região da glande do pênis. Em ambos os casos, impulsos parassimpáticos provenientes da porção sacral da medula espinhal são enviados ao pênis, causando dilatação das artérias do pênis e preenchimento dos corpos cavernosos e corpo esponjoso com sangue, o que resulta na ereção.

Lubrificação

Os impulsos parassimpáticos provenientes da região sacral da medula espinhal também fazem as glândulas bulbouretrais (glândulas de Cowper) secretarem muco através da uretra, o que possibilita alguma ***lubrificação*** durante a relação. Entretanto, os responsáveis pela maior parte da lubrificação são os fluidos lubrificantes da parede vaginal, bem como uma pequena quantidade de muco do cólo do útero.

Orgasmo (Clímax)

A estimulação tátil do pênis promove a emissão e a ejaculação. Quando o estímulo sexual é intenso, impulsos simpáticos rítmicos partem da porção lombar da medula espinhal para promover contrações peristálticas nos ductos testiculares, epidídimo e ductos deferentes, expelindo o esperma no interior da uretra – um processo chamado de ***emissão***. Simultaneamente, contrações peristálticas das vesículas seminais e da próstata expelem fluido seminal e prostático juntamente com o esperma. Todos esses fluidos se misturam com o muco das glândulas bulbouretrais para produzir o sêmen. Outros impulsos nervosos parassimpáticos, enviados ritmicamente da região sacral da medula espinhal, estimulam a musculatura esquelética da raiz do pênis a expelir o sêmen. A propulsão do sêmen a partir da uretra para o exterior constitui a ***ejaculação***.

Uma série de alterações sensitivas e motoras acompanha a ejaculação, incluindo taquicardia, aumento da pressão sangüínea, aumento da freqüência respiratória e sensações de prazer. Essas alterações, em conjunção com eventos musculares envolvidos na ejaculação, constituem um ***orgasmo (clímax)***.

Ato Sexual Feminino

Ereção

O papel feminino no ato sexual envolve ereção, lubrificação e orgasmo. A estimulação da mulher depende de respostas psíquicas e táteis. A estimulação dos órgãos genitais externos femininos resulta em ereção do clitóris e em excitação sexual generalizada. Essa resposta é controlada por impulsos parassimpáticos a partir da região sacral da medula espinal.

Lubrificação

Impulsos nervosos parassimpáticos, derivados da região sacral da medula espinhal, estimulam a ***lubrificação*** da parede vaginal. A túnica mucosa do cólo do útero e as glândulas vestibulares maiores (de Bartholin) produzem uma pequena quantidade de muco.

Orgasmo (Clímax)

Quando a estimulação genital atinge seu clímax, iniciam-se os reflexos que produzem o ***orgasmo***. O orgasmo feminino provoca um aumento da freqüência respiratória, do pulso, da pressão sangüínea e das contrações musculares dos órgãos genitais que auxiliam na fertilização de um óvulo (a ser explicado em seguida). Entretanto, diferentemente dos homens que experimentam um único orgasmo com a ejaculação, as mulheres podem ter múltiplos orgasmos com intensidades variáveis, acompanhados de sensações de prazer, mas não de ejaculação.

Aproximadamente 15 minutos após o sêmen ser depositado no interior da vagina, o mesmo se liquefaz para permitir que os espermatozóides se dirijam mais facilmente até o colo do útero. As prostaglandinas, contidas no sêmen, bem como a ocitocina, lançada pela neuro-hipófise durante o orgasmo feminino, podem estimular contrações uterinas para auxiliar ainda mais o movimento dos espermatozóides em direção às tubas uterinas (de Falópio).

Desenvolvimento durante a Gestação

Uma vez que um espermatozóide e um oócito secundário tenham se desenvolvido por meio da meiose e da maturação, e que o esperma seja depositado na vagina, pode ocorrer a gravidez. ***Gestação*** é a seqüência de eventos que normalmente inclui fertilização, implantação e crescimento embrinário e fetal, que termina no nascimento, cerca de 38 semanas mais tarde. Examinemos agora, em detalhes, estes eventos.

Fertilização

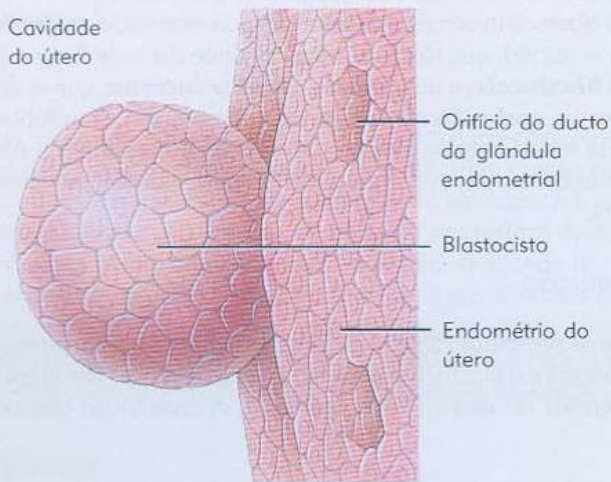
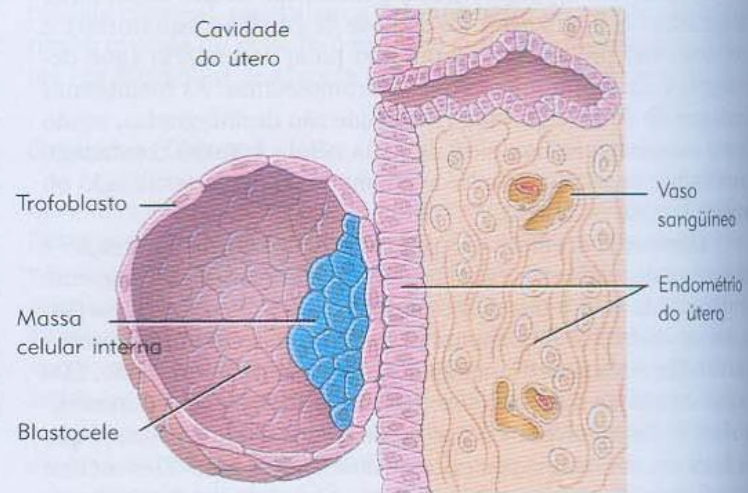
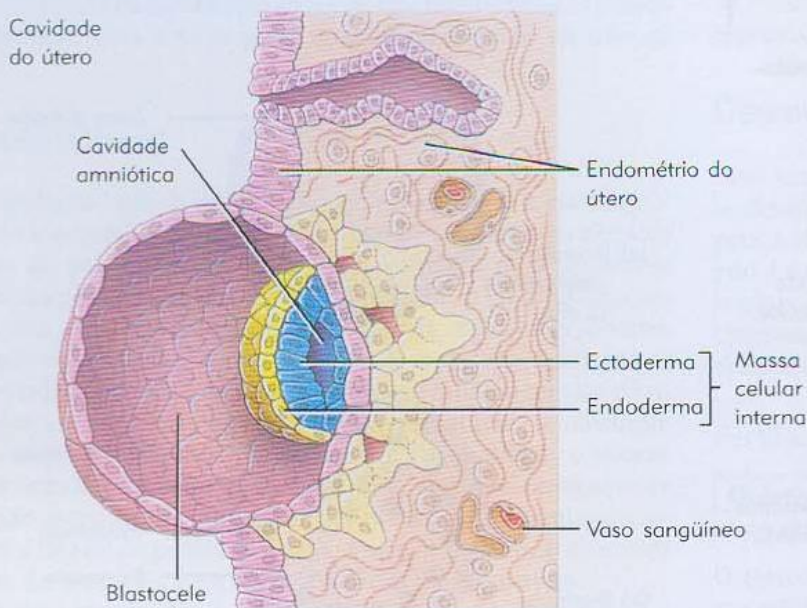
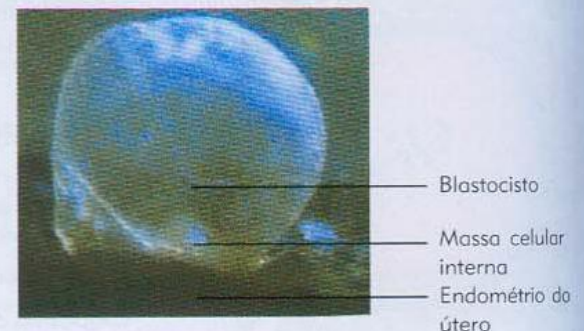
Objetivo: *Explicar como um oócito secundário é fertilizado e implantado no útero.*

O termo ***fertilização*** (*fertilis* = fértil) se refere à união dos materiais genéticos do espermatozóide e do oócito secundário em um núcleo único. Dos 300 a 500 milhões de espermatozóides introduzidos na vagina, menos de 1% chega a atingir o oócito secundário. A fertilização normalmente se dá na porção superior da tuba

no endométrio, aproximadamente seis dias após a fertilização, é chamada de ***implantação*** (Figura 24.3). Durante este processo, o trofoblasto secreta enzimas que digerem o revestimento uterino e permitem ao blastocisto aninhar-se no endométrio durante a segunda semana após a fertilização. A placenta desenvolver-se-á entre a massa celular interna e o endométrio para fornecer nutrientes para o desenvolvimento do embrião (mais detalhes a seguir). Nesta fase, o trofoblasto inicia a secreção de ***gonadotrofina coriônica humana (hCG)***, um hormônio de manutenção do corpo lúteo que é a base para os testes de gravidez. O hormônio pode causar náuseas na mulher (freqüentemente chamado de **enjôo da gravidez**). Os níveis sangüíneos do hCG atingem seu pico durante a nona semana de gravidez, decrescendo a partir daí.

Um resumo dos principais eventos associados à fertilização e à implantação é apresentado na Figura 24.4.

Figura 24.3 Implantação. Um blastocisto é comparado relativamente ao endométrio do útero em vários intervalos de tempo após a fertilização.

A implantação refere-se à fixação do blastocisto ao endométrio, que ocorre em torno de seis dias após a fertilização.

(a) Vista externa, em torno de cinco dias após a fertilização

(b) Vista interna, em torno de cinco dias após a fertilização

(c) Vista interna, em torno de sete dias após a fertilização

(d) Microfotografia

De que forma o blastocisto se funde e se aprofunda no endométrio?

desenvolvimento é chamado de ***embrião*** (*bryein* = crescer). O estudo do desenvolvimento desde o ovo fertilizado até a oitava semana dentro do útero é denominado ***embriologia***. Os meses de desenvolvimento seguintes (após o segundo mês) são considerados o ***período fetal***, durante o qual o ser humano em desenvolvimento é chamado de ***feto*** (*feo* = trazer, causar). No final do período embrionário, os primórdios de todos os órgãos adultos principais estarão presentes, as membranas embrionárias desenvolvidas e até o final do terceiro mês, a placenta já se encontra em funcionamento.

Início da Organogênese (formação de órgãos)

Após a implantação, a massa celular interna do blastocisto inicia sua diferenciação em três ***camadas germinativas primordiais***: o ectoderma, o endoderma e o mesoderma. Estes são os tecidos embrionários a partir dos quais todos os órgãos e tecidos do corpo irão se formar.

Em humanos, as camadas germinativas se formam tão rapidamente que é difícil determinar a seqüência exata de eventos. Dentro de oito dias pós-fertilização, uma camada de células da massa celular interna forma o ***ectoderma*** e se separa, formando um espaço preenchido por fluido, a ***cavidade amniótica*** (Figura 24.5a). A camada da massa celular interna próxima à blastocele se desenvolve, formando o ***endoderma***, que também se separa para formar um espaço preenchido por fluido, o ***saco vitelino*** (Figura 24.5a).

Aproximadamente no 12º dia pós-fertilização, as células da massa celular interna são chamadas de ***disco embrionário***. Este irá formar o embrião. Neste estágio, o disco embrionário contém células ectodérmicas e endodérmicas. Aproximadamente 14 dias pós-fertilização, as células do disco embrionário se diferenciam em três camadas distintas: o ectoderma, camada superior; o ***mesoderma***, camada intermédia; e o endoderma, camada inferior (Figura 24.5b). O ectoderma, o mesoderma e o endoderma são fixos no trofoblasto (agora denominado ***córion***) por uma estrutura chamada de ***pedúnculo embrionário*** (futuro cordão umbilical). Veja a Figura 24.5c.

O endoderma se torna o revestimento epitelial do trato gastrintestinal, do trato respiratório e de alguns outros órgãos. O mesoderma forma o peritônio, os músculos, os ossos e outros tecidos conjuntivos. O ectoderma forma a pele e o sistema nervoso. Veja o Quadro 24.1 para maiores detalhes.

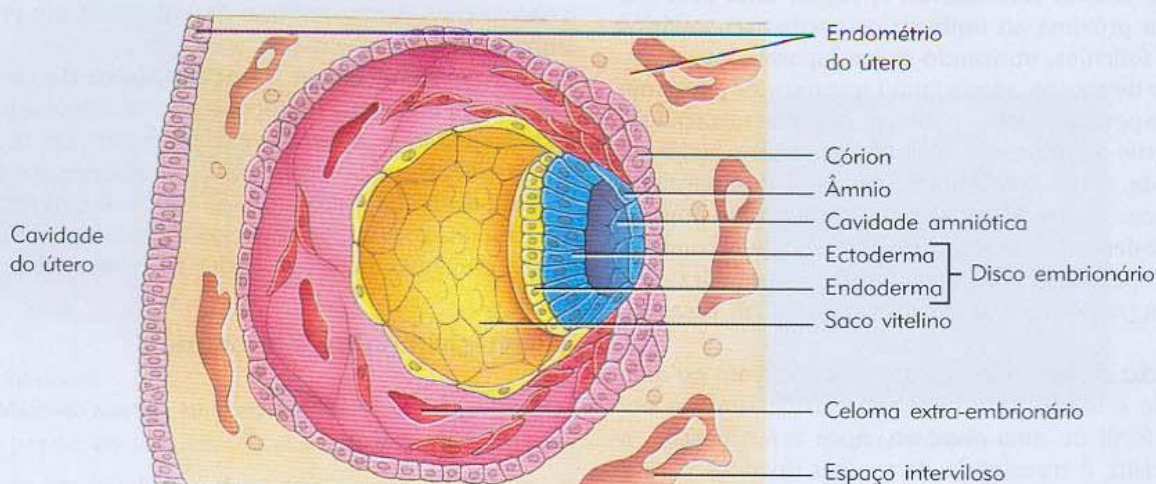
Membranas Embrionárias

Outro evento importante que ocorre durante o período embrionário é a formação das ***membranas embrionárias***. Estas membranas localizam-se exteriormente ao embrião, protegendo-o e nutrindo-o, e mais tarde, também o feto. As membranas são o saco vitelino, o âmnio, o córion e o alantóide.

Em muitas espécies, tais como as aves, onde os jovens se desenvolvem dentro de um ovo com casca, o ***saco vitelino*** se torna a fonte primária de nutrição do embrião (Figura 24.5c). Entretanto, o embrião humano recebe nutrientes do endométrio. O saco vitelino permanece pequeno e funciona como um sítio primordial de formação do sangue.

O ***âmnio*** é uma membrana fina, protetora, que se forma em torno do oitavo dia pós-fertilização e inicialmente se sobrepõe ao disco embrionário (Figura 24.5). À medida que o embrião cresce, o âmnio passa a circundá-lo inteiramente, criando uma cavidade que se preenche com ***líquido amniótico*** (Figura 24.6). Inicialmente, a maior parte do líquido amniótico é produzida a partir do sangue materno. Mais tarde, o feto faz contribuições diárias para sua produção pela excreção de urina dentro da cavidade amniótica. O líquido amniótico funciona como um amortecedor de choques para o feto, ajuda na regulação da temperatura corporal e protege contra a aderência da pele do feto aos tecidos adjacentes. Células embrionárias são descamadas dentro do líquido amniótico; elas podem ser examinadas por um procedimento chamado de ***amniocentese***, que é descrito na página 563. O âmnio geralmente se rompe logo antes do nascimento e, com seu fluido, é popularmente chamado de "bolsa d'água".

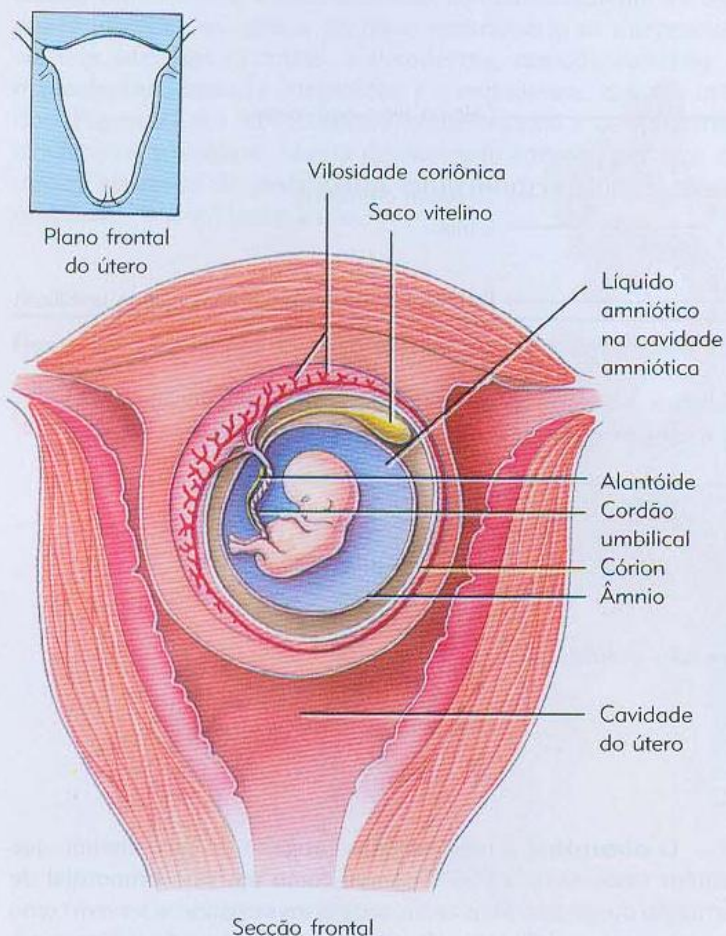
Figura 24.5 Formação das camadas germinativas primordiais e estruturas associadas.

As camadas germinativas primordiais (ectoderma, mesoderma e endoderma) são os tecidos embrionários a partir dos quais todos os tecidos e órgãos são formados.

(a) Vista interna, em torno de 12 dias após a fertilização

Quadro 24.1 Estruturas Desenvolvidas a Partir das Três Camadas Germinativas Primordiais

ENDODERMA	MESODERMA	ECTODERMA
Revestimento epitelial do trato gastrintestinal (exceto a cavidade da boca e o canal anal) e o epitélio de suas glândulas	Todos os músculos estriados esqueléticos e cardíaco e a maioria dos lisos	Todo o tecido nervoso
Revestimento epitelial da bexiga urinária, da vesícula biliar e do fígado	Cartilagem, osso e outros tecidos conjuntivos	Epiderme da pele
Revestimento epitelial da faringe, tubas auditivas (de Eustáquio), tonsilas palatinas, laringe, traquéia, brônquios e pulmões	Sangue, medula óssea e tecido linfático	Folículos dos pêlos, músculos eretores dos pêlos, unhas e epitélio das glândulas da pele (sebáceas e sudoríparas)
Epitélio das glândulas tireóide, paratireóide, pâncreas e timo	Endotélio de vasos sangüíneos e linfáticos	Lente, córnea e músculos intrínsecos do olho
Revestimento epitelial da próstata e glândula bulbouretral (de Cowper), da vagina, do vestíbulo, da uretra e das glândulas associadas, como as vestibulares maiores (de Bartholin) e menores	Derme da pele	Orelhas interna e externa
	Túnica fibrosa e túnica vascular do olho	Neuroepitélio dos órgãos dos sentidos
	Orelha média	Epitélio da cavidade da boca, cavidade do nariz, seios paranasais, glândulas salivares e canal anal
	Mesotélio da cavidade ventral do corpo	Epitélio da glândula pineal, hipófise e medula supra-renal
	Epitélio dos rins e dos ureteres	
	Epitélio do córtex supra-renal	
	Epitélio das gônadas e dos ductos genitais	

Figura 24.6 Membranas embrionárias.

As membranas embrionárias estão localizadas externamente ao embrião; elas protegem e nutrem o embrião e, mais tarde, o feto.

P *Como o âmnio e o córion diferem em função?*

Placenta e Cordão Umbilical

A ***placenta*** estará totalmente desenvolvida até o terceiro mês de gravidez. Ela tem o formato de uma panqueca e é formada pela porção interna do córion embrionário e uma porção do endométrio materno (Figura 24.7). Ela permite a troca de nutrientes e resíduos entre o feto e a mãe, e secreta hormônios necessários para a manutenção da gestação.

Durante o desenvolvimento embrionário, projeções do córion com formato digital, chamadas em seu conjunto de ***vilosidades coriônicas***, projetam-se para o interior do endométrio uterino (24.7). Elas contêm vasos sangüíneos fetais do pedúnculo embrionário. Estão alojadas nos seios sangüíneos (cavidades) maternos chamados de ***espaços intervilosos***. Dessa forma, os vasos sangüíneos maternos e fetais são mantidos próximos, embora, normalmente, o sangue da mãe e do feto não se misturem. Oxigênio e nutrientes do sangue materno difundem-se para os capilares da vilosidade. A partir daí, os nutrientes circulam pela ***veia umbilical***. Resíduos deixam o feto através das ***artérias umbilicais***, passam para os capilares da vilosidade e se difundem para o sangue materno. O ***cordão umbilical*** consiste das artérias umbilicais, da veia umbilical e do tecido conjuntivo de sustentação denominado tecido conjuntivo mucoso (Figura 24.7).

Após o nascimento do bebê, a placenta se descola do útero e é chamada de ***"rejeito da placenta"***. Neste momento, o cordão umbilical se parte, deixando o bebê por sua própria conta. A pequena porção do cordão (em torno de 2,5 cm), que permanece conectada ao recém-nascido, começa a secar e cai, freqüentemente, entre 12 e 15 dias após o nascimento. A área onde o cordão estava anexado é coberta por uma fina camada de pele e forma-se um tecido de cicatrização. A cicatriz é denominada ***umbigo***.

Circulação Fetal

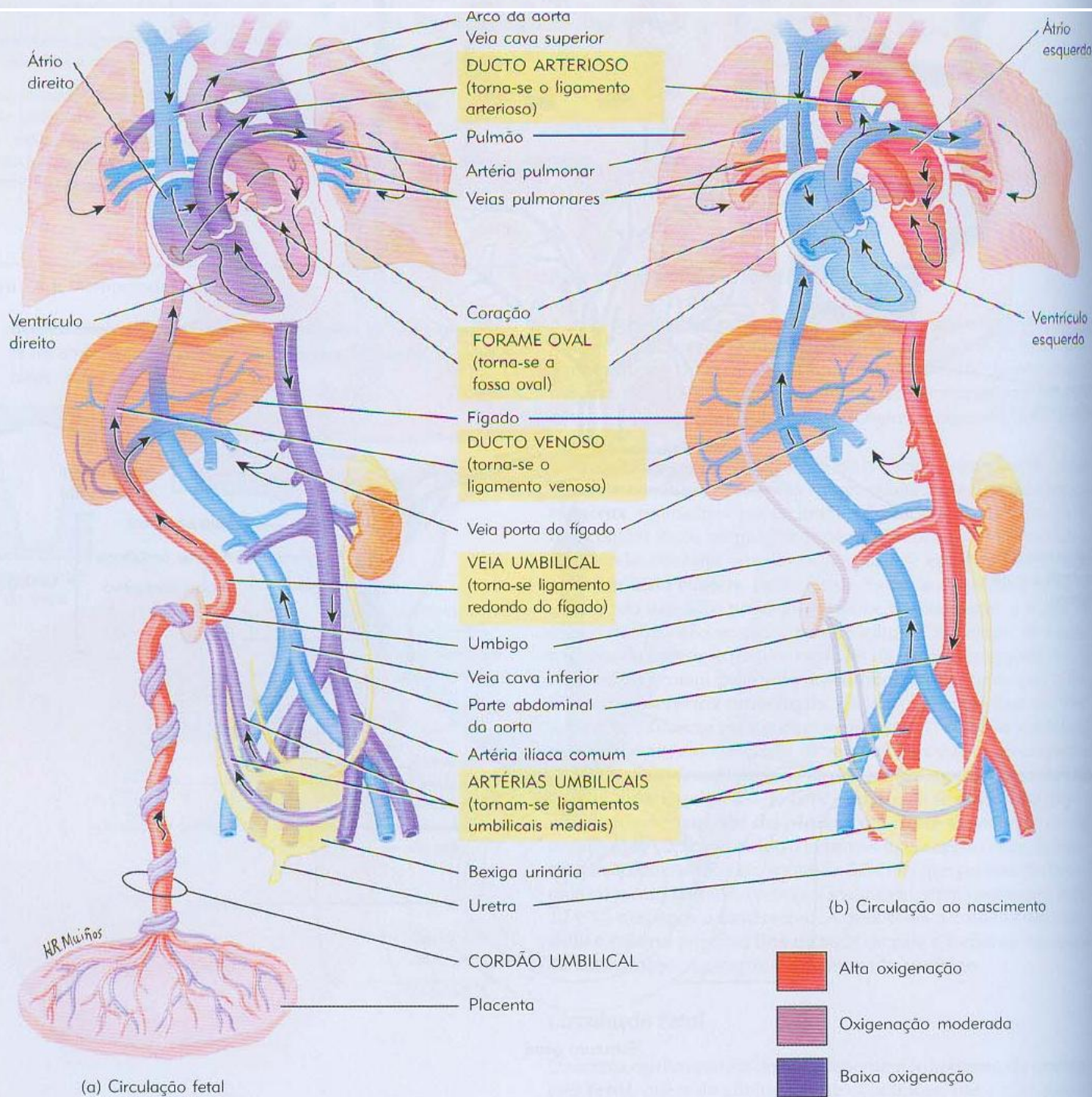
O sistema cardiovascular do feto, denominado ***sistema de circulação fetal***, difere do adulto porque os pulmões, rins e trato gastrintestinal do feto não estão funcionando. O feto obtém seu oxigênio e nutrientes do sangue materno e elimina seus resíduos e dióxido de carbono no sangue materno.

A troca de materiais entre a circulação fetal e a materna ocorre através da placenta. O sangue circula do feto à placenta através de duas ***artérias umbilicais*** localizadas no cordão umbilical (Figura 24.8a). Na placenta, o sangue é oxigenado e nutrido, eliminando-se dióxido de carbono e resíduos. O sangue (re-) oxigenado retorna da placenta através de uma única ***veia umbilical***, que ascende ao fígado do feto, onde se divide em dois ramos. Uma parte do sangue flui através do ramo que se junta à veia porta do fígado e, então, entra no fígado. O fígado do feto produz células sangüíneas vermelhas (hemácias), mas não tem função digestiva. Dessa forma, a

Figura 24.8 Circulação fetal e mudanças durante o nascimento. As áreas destacadas indicam o destino de certas estruturas fetais assim que a circulação pós-natal é estabelecida.

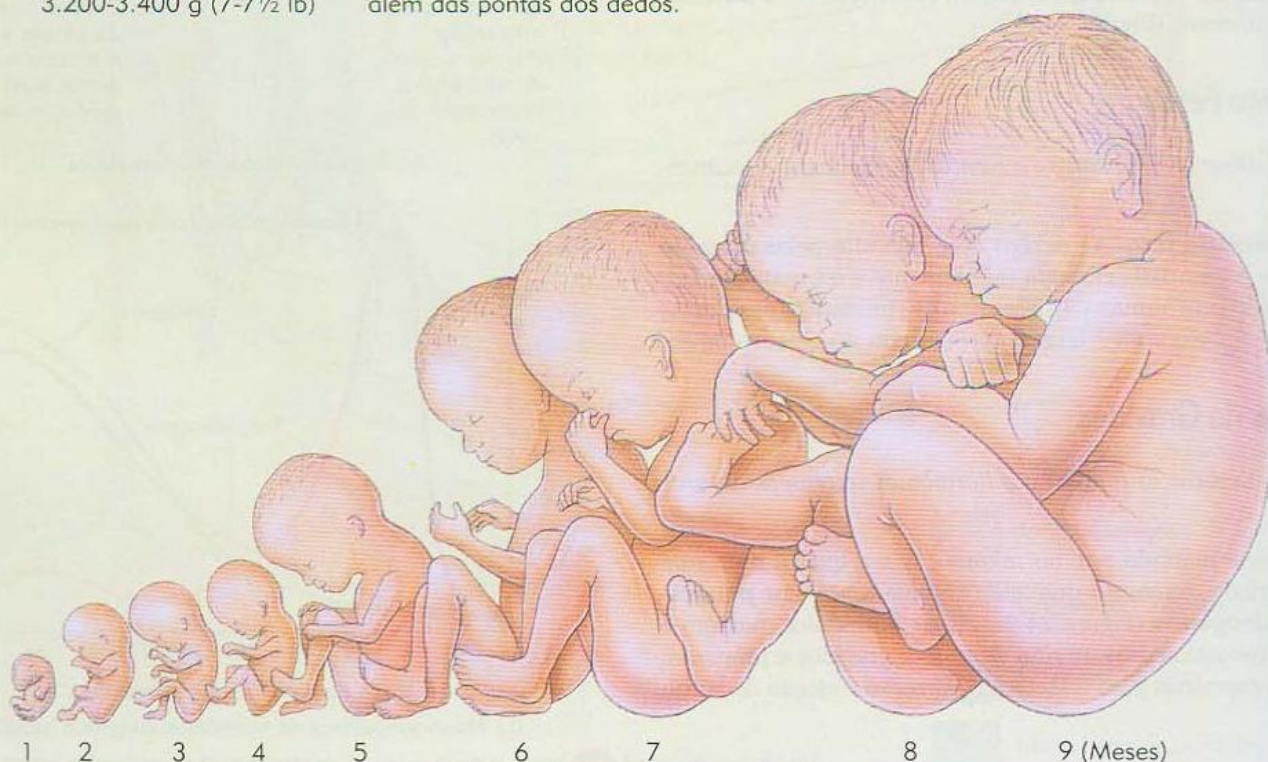
Os pulmões, os rins e o trato gastrintestinal iniciam seu funcionamento após o nascimento.

(a) Circulação fetal

(b) Circulação ao nascimento

Que vasos sangüíneos transportam sangue com a mais alta taxa de oxigênio?

Quadro 24.2 Mudanças Associadas ao Crescimento Embrionário e Fetal

FINAL DO MÊS	TAMANHO E PESO APROXIMADOS	MUDANÇAS REPRESENTATIVAS
1	0,6 cm (3/16 pol.)	Olhos, nariz e orelhas ainda não são visíveis. Formam-se a coluna e o canal vertebral. Formam-se pequenos brotos, que serão os membros. O coração se forma e inicia os batimentos. Os sistemas começam a sua formação. O sistema nervoso central aparece no início da terceira semana.
2	3 cm (1¼ pol.) 1 g (1/30 oz)	Os olhos estão muito separados, as pálpebras fundidas, o nariz achatado. Inicia-se a ossificação. Os membros tornam-se distinguíveis, e os dedos estão bem formados. Formam-se os principais vasos sangüíneos. Muitos órgãos internos continuam a desenvolver-se.
3	7 ½ cm (3 pol.) 30 g (1 oz)	Olhos quase completamente formados mas as pálpebras ainda estão fundidas. Desenvolve-se a ponte nasal e as orelhas estão aparentes. Continua a ossificação. Membros completamente formados e unhas começam a desenvolver-se. Pode-se detectar batimentos cardíacos. Começa a formar-se urina. O feto começa a mover-se, mas não pode ser sentido pela mãe. Os sistemas continuam seu desenvolvimento.
4	18 cm (6 ½ -7 pol.) 100 g (4 oz)	Cabeça grande em proporção ao resto do corpo. Face toma feições humanas e aparece cabelo na cabeça. Muitos ossos ossificados e começam a formar-se as articulações. Desenvolvimento rápido dos sistemas.
5	25-30 cm (10-12 pol.) 200-450 g (½-1 lb)	Cabeça menos fora de proporção com relação ao resto do corpo. Pêlo fino (lanugo) cobre o corpo. Gordura marrom forma-se e é o local de produção de calor. Movimentos fetais comumente são sentidos pela mãe (primeiro movimento fetal). Desenvolvimento rápido dos sistemas.
6	27-35 cm (11-14 pol.) 550-800 g (1¼-1½ lb)	Cabeça cada vez menos desproporcional ao restante do corpo. As pálpebras separam-se e formam-se os cílios. Substancial ganho de peso. Pele enrugada. Células tipo II nos alvéolos pulmonares iniciam a produção de surfactante.
7	32-42 cm (13-17 pol.) 1.100-1.350 g (2½-3 lb)	Cabeça e corpo mais em proporção. Pele enrugada. Feto de sete meses (bebê prematuro) já é capaz de sobreviver. O feto assume a posição de cabeça para baixo. Os testículos começam a descer para o escroto.
8	41-45 cm (16½-18 pol) 2.000-2.300 g (4½-5 lb)	Gordura subcutânea depositada. Pele menos enrugada. Chances de sobrevivência muito superiores ao final do oitavo mês.
9	50 cm (20 pol.) 3.200-3.400 g (7-7½ lb)	A gordura subcutânea continua a ser depositada. O lanugo cai. As unhas se estendem até ou além das pontas dos dedos.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 (Meses)

os níveis de estrógenos na mãe são suficientemente altos para inibir os efeitos da progesterona e desencadear o parto. A ocitocina (OT) também estimula as contrações uterinas (veja a Figura 13.8). A relaxina, por sua vez, auxilia por meio do relaxamento da sínfise púbica e da dilatação do colo do útero. As prostaglandinas também podem ter um papel no parto.

As contrações uterinas ocorrem em ondas que se iniciam na porção superior do útero e se movem inferiormente. Estas ondas atuam no sentido de expulsar o feto.

O parto pode ser dividido em três estágios (Figura 24.10):

1. O ***estágio da dilatação*** é o período (6 a 12 horas) compreendido entre o início do trabalho de parto até a completa dilatação do colo do útero. Durante este estágio, ocorrem contrações regulares do útero e completa dilatação do colo (10 cm). Caso o saco amniótico não se rompa espontaneamente, isto deve ser provocado artificialmente.
2. O ***estágio da expulsão*** é o período (dura de 10 minutos a muitas horas) que se estende desde a completa dilatação do colo até o momento do parto.
3. O ***estágio placentário*** é o período (5 a 30 minutos ou mais) após o parto até que a placenta ou "rejeitos" sejam expelidos por meio de fortes contrações uterinas. Estas contrações também comprimem os vasos sangüíneos que se rompem durante o parto, para prevenir hemorragias.

Durante as seis primeiras semanas que se seguem ao parto, período denominado ***puerpério***, os órgãos genitais maternos, bem como sua fisiologia, retornam a seu estado de pré-gravidez.

Lactação

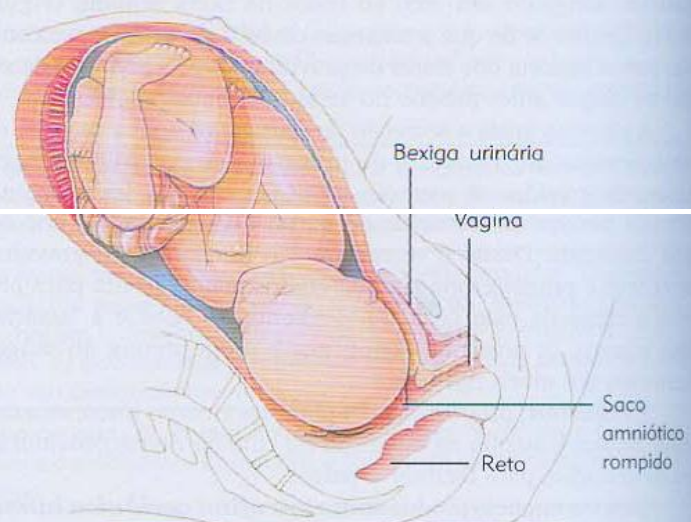
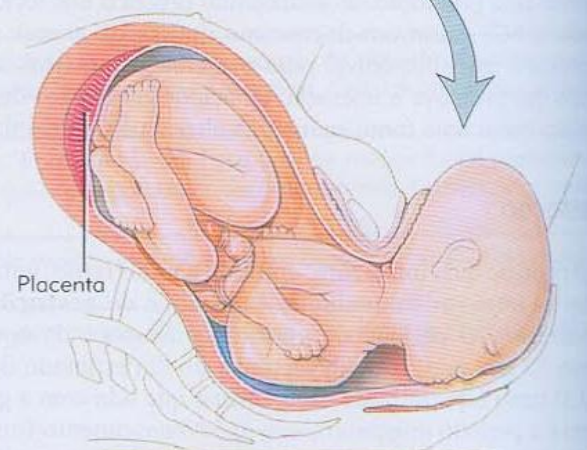
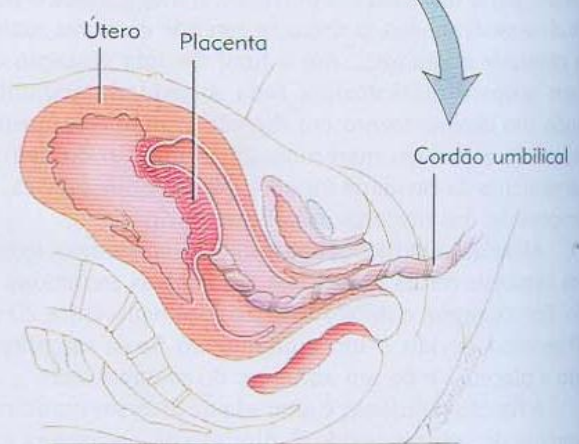
Objetivo: *Discutir como a lactação ocorre e como é controlada.*

O termo ***lactação*** refere-se à secreção e à ejeção de leite pelas glândulas mamárias. O hormônio mais importante na promoção da lactação é a ***prolactina*** (PRL) da adeno-hipófise. Ela é lançada em resposta a um hormônio hipotalâmico. Mesmo havendo aumento do nível de prolactina à medida que progride a gestação, não ocorre secreção láctea devido à inibição causada pelos estrógenos e pela progesterona sobre a PRL. Após o parto e a eliminação da placenta, os níveis sangüíneos maternos de estrógeno e progesterona diminuem, removendo-se este efeito inibitório.

O principal estímulo para a manutenção da secreção da prolactina durante a lactação é a sucção das papilas mamárias pelo bebê. Esta sucção estimula os receptores nas papilas mamárias a enviarem impulsos ao hipotálamo, causando a secreção da prolactina. A ação de sucção também envia impulsos ao hipotálamo que estimulam a secreção de ***ocitocina*** (OT) pela neuro-hipófise. A ocitocina promove a ***ejeção láctea***, que é o processo pelo qual o leite passa dos alvéolos das glândulas mamárias para o interior dos ductos lactíferos, de onde pode ser sugado.

Durante a fase final da gestação e os primeiros dias após o nascimento, as glândulas mamárias secretam um fluido leitoso chamado de ***colostro*** (primeiro leite). Este não é tão nutritivo como o leite verdadeiro porque ele contem menos lactose e virtualmente nenhuma gordura. O leite verdadeiro aparece no quarto dia, aproximadamente. O colostro e o leite materno contêm anticorpos para proteção do bebê durante os primeiros meses de vida.

Figura 24.10 Estágios do parto.

O parto é o processo pelo qual contrações uterinas expulsam o feto ao exterior através da vagina.

Que eventos marcam o início da estágio de expulsão?

Quadro 24.3 Resumo dos Métodos Contraceptivos

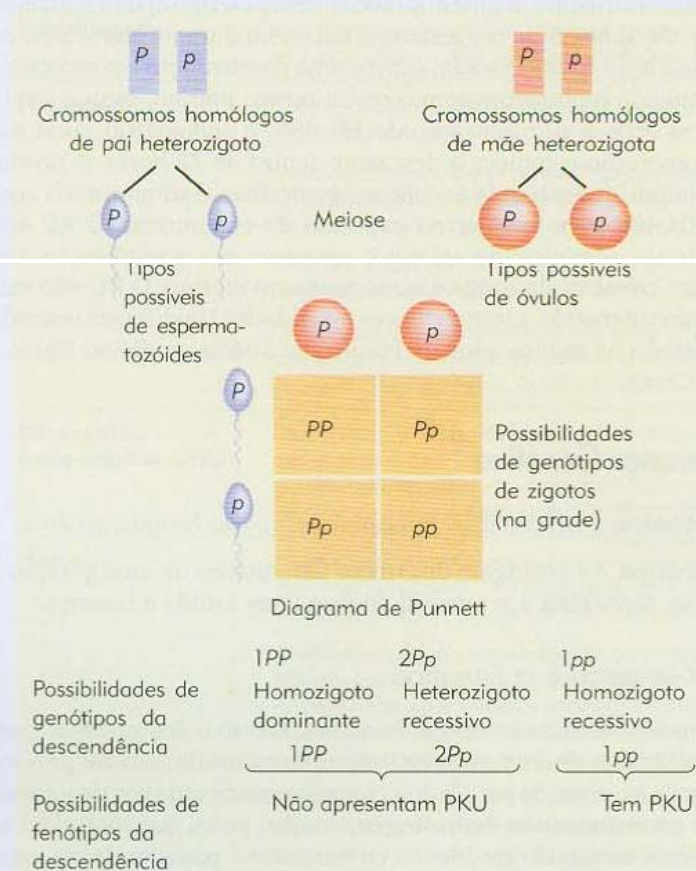
MÉTODO	COMENTÁRIOS
Esterilização	Nos homens, *vasectomia*, na qual cada ducto deferente é ligado e cortado. Nas mulheres, *ligação tubária*, na qual ambos as tubas uterinas são ligadas e cortadas. Taxa de falha: 0,1% (0,4%).[a]
Hormonal	Com exceção da abstinência total ou esterilização cirúrgica, os métodos hormonais são os mais eficientes para controle de natalidade.
	Os contraceptivos orais, conhecidos comumente como "pílula", geralmente consistem de um estrógeno e uma progestina. Os efeitos colaterais incluem náusea ocasional, sangramento intermenstrual leve, mamas doloridas ou aumentadas, retenção de líquidos e ganho de peso. As usuárias da "pílula" podem apresentar risco aumentado de infertilidade. Taxa de falha: 0,1% (3%).
	Norplant é um conjunto de cilindros diminutos, cheios de progestina, implantáveis subcutaneamente e que liberam lentamente o hormônio ao longo de cinco anos. A fertilidade é restaurada com a remoção dos cilindros. Taxa de falha: 0,3% (0,3%).
	Depo-provera é administrado por injeção intramuscular a cada três meses. Contém hormônio semelhante à progesterona que evita a maturação do óvulo e causa mudanças no revestimento uterino que tornam a ocorrência da gravidez menos provável. Taxa de falha: 0,3% (0,3%).
Dispositivo Intra-uterino (DIU)	Pequeno objeto feito de plástico, cobre ou aço inoxidável, introduzido no útero por um médico. Pode ser utilizado por longos períodos (o cobre T é aprovado para oito anos). Algumas mulheres não podem utilizá-lo devido à expulsão, ao sangramento ou desconforto. Não-recomendado para mulheres que ainda não tiveram filhos porque o útero é muito pequeno e o canal do colo do útero é muito estreito. Taxa de falha: 0,8% (3%).
Barreira	A *camisinha* é uma cobertura reforçada, de látex ou material semelhante, utilizada pelo homem para evitar a entrada de esperma na vagina. Um dispositivo semelhante utilizado por mulheres é a *camisinha feminina*. As falhas das camisinhas são causadas por rasgos ou por colocação muito tardia. Taxa de falha: 2% (12%).
	O *diafragma* é uma semi-esfera de borracha flexível introduzida na vagina para recobrir o colo do útero, funcionando como uma barreira para o esperma. Freqüentemente utilizado com cremes ou geléias espermicidas. Deve permanecer colocado por ao menos seis horas após o coito e por até 24 horas. Deve ser adaptado por um profissional e analisado a cada dois anos ou após a gravidez. Oferece altos índices de eficiência se utilizado em conjunção com espermicidas. As falhas ocasionais são causadas por colocação inadequada ou deslocamento durante a relação sexual. Taxa de falha do diafragma sozinho: 6% (18%).
	O *tampão cervical* é um dispositivo em forma de dedal que se ajusta sem folga ao colo do útero. Utilizado com espermicidas. Deve ser adaptado por um especialista médico. Pode permanecer colocado por até 48 horas, e não é necessário recolocar espermicida antes da relação sexual. Taxa de falha: 6% (18%).
Químico	Produtos químicos que matam os espermatozóides são introduzidos na vagina para recobrir as superfícies da vagina e o óstio do útero. Oferece proteção por aproximadamente uma hora. Efetivo quando utilizado por si só, mas sua efetividade aumenta significativamente quando utilizados com diafragma ou camisinha. Taxa de falha do espermicida sozinho: 3% (21%).
Fisiológico	No *método do ritmo*, a relação sexual é evitada logo antes e logo após a ovulação (aproximadamente sete dias). A taxa de falha é de aproximadamente 20% mesmo em mulheres com ciclo regular.
	No *método simpto-termal*, observam-se os sinais da ovulação (aumento da temperatura corporal basal, muco cervical claro e pegajoso, abertura do óstio do útero, elevação e amolecimento do colo, muco cervical abundante e dor associada à ovulação) e evita-se a relação sexual neste período. Taxa de falha: 1-9% (20%).
Coito interrompido	Retirada do pênis do interior da vagina antes da ejaculação. Taxa de falha: 4% (18%).
Aborto induzido	Remoção cirúrgica ou induzida por drogas do produto da concepção no seu estágio inicial do útero ou tubas uterinas (em caso de gravidez ectópica, ou tubária). Para remoção cirúrgica do útero pode-se utilizar aspiração a vácuo (sucção), solução salina ou evacuação cirúrgica (curetagem). Para abortos induzidos por drogas utiliza-se RU 486, que bloqueia a ação da progesterona.

[a] Taxas de falha: O primeiro número é a porcentagem esperada de mulheres que experimentam gravidez indesejada no primeiro ano de uso contínuo e correto. Entre parênteses, está a porcentagem típica de mulheres que engravidam, incluindo aquelas que esquecem de tomar a pílula. Sem método algum de contracepção, a taxa é de 85%.

O ***diafragma*** é uma estrutura de borracha em formato de uma semi-esfera, que se adapta ao colo do útero, sendo freqüentemente utilizada em conjunção com espermicidas. O diafragma interrompe o fluxo de sêmen até o colo e o espermicida químico mata os espermatozóides. O diafragma deve ser inicialmente adaptado por um médico. A síndrome do choque toxêmico (SCT) e infecções recorrentes no trato urinário estão associadas ao uso de diafragma em algumas mulheres, e o diafragma não protege contra DST.

O ***tampão cervical*** é um aparelho contraceptivo em forma de dedal, feito de plástico ou látex, e que mede aproximadamente 4 cm de diâmetro. Ele se adapta ao colo do útero e é mantido na posição por meio de sucção. Como o diafragma, ele é usado conjuntamente com espermicidas. Também da mesma forma que o diafragma, ele deve ser inicialmente adaptado por um médico ou pessoa treinada. As vantagens do tampão cervical em relação ao diafragma são: (1) o tampão pode ser utilizado por até 48 horas (ao contrário das 24 horas exigidas para o diafragma) e (2) por causa do ajuste perfeito e de raramente vazar, não é necessária a reaplicação de espermicida antes do coito. O tampão cervical não é recomendado para mulheres com tumores malignos no útero,

Figura 24.11 Herança da fenilcetonúria (PKU).

Enquanto o genótipo refere-se à constituição genética, o fenótipo refere-se à expressão física, ou externa, de um gene.

P ***Se um casal tem os genótipos apresentados aqui, qual a probabilidade em porcentagem que o seu primeiro filho tenha PKU?***

logos (por exemplo, *Pp*) é chamado de ***heterozigoto***. ***Fenótipo*** (*pheno* = aparente) refere-se ao modo como a constituição genética do indivíduo é expressa no corpo. Uma pessoa com *Pp* tem um genótipo diferente de quem tem *PP*, mas ambas têm o mesmo fenótipo – que, neste caso, é a conversão normal de fenilalanina em tirosina. Deve-se notar que indivíduos que portam o gene recessivo mas não o expresam (*Pp*) podem passar o gene à próxima geração. Tais indivíduos são denominados ***portadores.***

Para determinar como gametas contendo cromossomos haplóides unem-se para formar ovos fertilizados diplóides, diagramas especiais denominados ***Quadros ou Diagramas de Punnett*** são utilizados. Freqüentemente, os genes possíveis nos gametas masculinos são colocados na lateral do quadro e os genes possíveis nos gametas femininos (oócitos secundários) ficam na parte de cima (Figura 24.11). Os quatro espaços no diagrama representam as combinações possíveis (genótipos) dos gametas femininos e masculinos que podem formar ovos fertilizados.

O Quadro 24.4 lista algumas características hereditárias estruturais e funcionais em humanos.

Os genes para doenças graves são, mais freqüentemente, recessivos que dominantes, mas isso nem sempre é verdade. Por exemplo, a doença neurológica chamada ***doença de Huntington*** é causada por um gene dominante. A doença de Huntington é caracterizada por degeneração nervosa, geralmente levando a transtornos mentais e morte. Os primeiros sinais da doença não ocorrem antes da maturidade, freqüentemente após o indivíduo ter tido filho(s). Já existe um exame genético para determinar se o indivíduo é portador ou não do gene para a doença.

Quadro 24.4 Exemplos de Doenças Hereditárias em Humanos

DOMINANTES	RECESSIVAS
Pêlo espesso no corpo	Pêlo fino no corpo
Calvície com padrão masculino	Calvície
Pigmentação normal da pele	Albinismo
Sardas	Ausência de sardas
Astigmatismo	Visão normal
Miopia	Visão normal
Audição normal	Surdez
Lábios grossos	Lábios finos
Habilidade de enrolar a língua em "U"	Inabilidade de enrolar a língua em "U"
Sensível ao PTC	Insensível ao PTC
Olhos grandes	Olhos pequenos
Polidactilia (dedos a mais)	Dedos normais
Braquidactilia (dedos curtos)	Dedos normais
Sindactilia (dedos fundidos)	Dedos normais
Pés com arcos normais	Pés chatos
Hipertensão	Pressão arterial normal
Diabete insípido	Excreção normal
Doença de Huntington	Sistema nervoso normal
Mentalidade normal	Esquizofrenia
Enxaquecas	Normal
Implantação do cabelo forma uma projeção mediana na fronte ("pico de viúva")	Implantação do cabelo em linha reta na fronte
Polegar curvado (hiperestendido)	Polegar reto
Transporte normal de Cl^-	Fibrose cística
Hipercolesterolemia (familiar)	Nível normal de colesterol

Variações da Herança Dominante-Recessiva

A maioria dos padrões de herança não é do tipo ***dominante-recessivo***, no qual somente genes dominantes e genes recessivos interagem. Na realidade, a maioria das características herdadas é influenciada por mais de um gene (quantitativa) e a maioria dos genes pode influenciar mais do que uma característica única. Seguem-se alguns exemplos.

Figura 24.12 Herança do sexo. Em (a), os cromossomos sexuais, par 23, são destacados no quadro azul.

Sexo é determinado no momento da fertilização.

1 2 3 4 5 6 7 8
9 10 11 12 13 14 15 16
17 18 19 20 21 22 X Y 23

(a) Cromossomos normais de um humano do sexo masculino

XY Cromossomos sexuais do pai
XX Cromossomos sexuais da mãe
Meiose
Tipos possíveis de espermatozóides
Tipos possíveis de óvulos
XX XX
XY XY
Possibilidades de genótipos de zigotos (na grade)
Diagrama de Punnett
Possibilidades de fenótipos da descendência
2XX Femininos
2XY Masculinos

(b) Determinação do sexo

P *Como são chamados os cromossomos que não são os sexuais?*

Os cromossomos sexuais são os responsáveis pela determinação do sexo do indivíduo (Figura 24.12b). Quando um espermatócito sofre a meiose para redução do número de cromossomos, uma célula filha (espermatozóide) recebe o cromossomo X e a outra o cromossomo Y. Oócitos secundários produzem somente óvulos contendo o cromossomo X. Se o oócito secundário é subseqüentemente, fecundado por um espermatozóide contendo o cromossomo X, nasce um indivíduo do sexo feminino (XX). A fertilização por um espermatozóide contendo o cromossomo Y gera um indivíduo do sexo masculino (XY). Dessa forma, o sexo é determinado no momento da fertilização.

O Daltonismo e a Herança Ligada ao Sexo

Os cromossomos sexuais também são os responsáveis pela transmissão de algumas características não-sexuais. Os genes para estas características se encontram no cromossomo X, mas estão ausentes no cromossomo Y. Isto produz um padrão de herança diferente do descrito anteriormente. Consideremos a forma mais comum de inabilidade em distinguir cores, o ***daltonismo***, por exemplo. O gene para ***daltonismo*** é recessivo e designado *c*. A visão normal para cores, designada C, é dominante. Os genes C/c estão localizados no cromossomo X. O cromossomo Y não contém o segmento de DNA que programa este aspecto da visão. Assim sendo, a habilidade de ver as cores depende inteiramente do cromossomo X. As possibilidades genéticas são:

X^CX^C – mulher com visão normal

X^CX^c – mulher com visão normal e portadora do gene recessivo

X^cX^c – mulher com daltonismo

X^CY – homem com visão normal

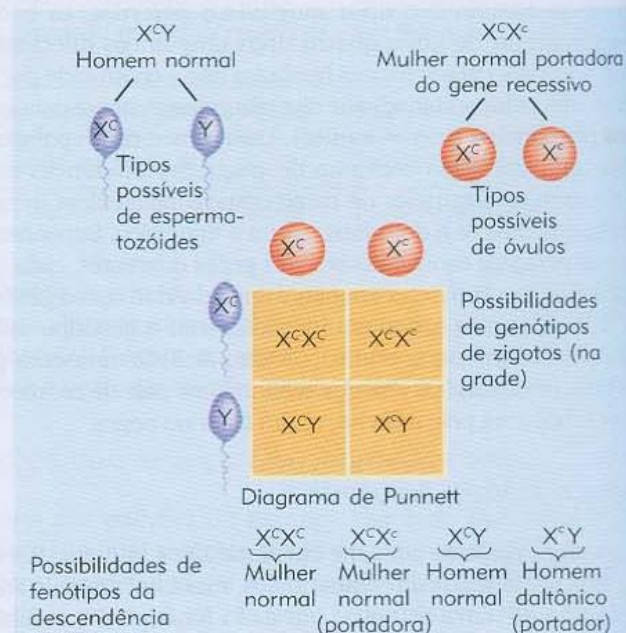
X^cY – homem com daltonismo

Somente mulheres que tenham dois cromossomos X^c são daltônicas. Nas mulheres X^CX^c, a característica expressa é a do gene dominante. Nos homens, por outro lado, não há um segundo cromossomo X que iria dominar a característica. Assim sendo, todos os homens com um cromossomo X^c serão daltônicos. A herança do daltonismo é ilustrada na Figura 24.13.

As características herdadas da maneira recém-descrita são chamadas de ***ligadas ao sexo***. Outra característica ligada ao sexo é a ***hemofilia*** – uma condição na qual o sangue deixa de coagular ou coagula de forma muito lenta após uma lesão (veja o Capítulo 14). Da mesma forma que o daltonismo, a hemofilia é causada por um gene recessivo. Se *H* representa coagulação normal e *h* representa coagulação anormal, então mulheres com genótipo X^hX^h sofrerão de hemofilia. Homens X^HY serão normais e homens X^hY serão hemofílicos. Na realidade, o tempo de coagulação varia entre diferentes hemofílicos, de tal forma que a condição pode estar afetada por outros genes.

Entre outras poucas características humanas ligadas ao sexo estão certas formas de diabete, cegueira noturna, uma forma de catarata, mechas brancas (topete) no cabelo, glaucoma juvenil e distrofia muscular juvenil.

Figura 24.13 Herança do daltonismo.

O daltonismo e a hemofilia são exemplos de alterações ligadas ao sexo.

P *Qual seria o genótipo de uma mulher com daltonismo?*

Terminologia e Condições Médicas

Aborto Expulsão prematura dos produtos da concepção (-embrião ou feto não-viável) do útero. Pode ser causado pelo desenvolvimento anormal do embrião, anormalidades placentárias, distúrbios endócrinos, certas doenças, traumas e estresse. O ***aborto induzido*** é realizado de maneira intencional por métodos tais como aspiração a vácuo ou curetagem, até as 12 semanas de gestação; dilatação e evacuação, comumente utilizada entre a 13ª e 15ª semanas de gestação e algumas vezes até a 20ª semana; e o uso de soluções salinas e preparações de prostaglandina para indução medicamentosa do aborto, geralmente após a 15ª semana de gestação. O ***aborto espontâneo*** ocorre sem causa aparente. Evidências recentes sugerem que 1/3 de todas as fertilizações bem-sucedidas terminam em aborto espontâneo, a maioria dos quais ocorrendo antes mesmo de que se note a gravidez (aborto "silencioso").

Apresentação posterior Um problema de posicionamento do feto no momento do parto, no qual as nádegas ou os membros inferiores entram no canal do parto antes da cabeça; a causa mais comum é o parto prematuro.

Mutação (*mutare* = mudar) Uma modificação hereditária permanente em um gene que pode causar uma alteração da função original do mesmo.

Pré-eclâmpsia Uma síndrome caracterizada por hipertensão arterial repentina, alta proteinúria e edema generalizado; possivelmente relacionada com uma reação alérgica auto-imune ou reação alérgica ao feto. Quando a condição é associada a convulsões e coma, ela é também referida como **eclâmpsia**.

Febre puerperal (*puer* = criança; *parere* = trazer para fora) Doença infecciosa após o parto que se origina no canal do parto e afeta o endométrio uterino. Ela pode se espalhar a outras estruturas pélvicas e causar septicemia.

Resumo dos Estudos

Relação Sexual (p. 552)

1. O papel masculino no sexo envolve ereção, lubrificação e orgasmo (clímax).
2. O papel feminino também envolve ereção, lubrificação e orgasmo (clímax).

Desenvolvimento durante a Gestação (p. 552)

1. A gestação é uma seqüência de eventos que normalmente inclui fertilização, implantação, desenvolvimento embrionário e fetal, e nascimento.
2. Seus vários eventos são controlados por hormônios.

Fertilização; Implantação (p. 552-553)

1. Fertilização refere-se à penetração de um espermatozóide em um oócito secundário e a subseqüente união do material genético de seus cromossomos para formar um núcleo único.
2. Esta penetração é facilitada por enzimas produzidas pelo espermatozóide.
3. Normalmente apenas um único espermatozóide fecunda um oócito secundário.
4. A divisão celular inicial rápida de um zigoto é chamada de clivagem.
5. Mórula é a massa sólida de minúsculas células produzidas pela clivagem.
6. A mórula desenvolve-se até um blastocisto, uma esfera de células diferenciadas em trofoblasto (futuras membranas embrionárias) e em massa celular interna (futuro embrião).
7. A fixação do blastocisto no endométrio é chamada de implantação; ela ocorre pela degradação enzimática do endométrio.

Desenvolvimento Embrionário (p. 555)

1. Durante o desenvolvimento embrionário, as camadas germinativas primordiais e membranas embrionárias são formadas e a placenta está em funcionamento.
2. As camadas germinativas primordiais – ectoderma, mesoderma e endoderma – formam todos os tecidos do organismo em desenvolvimento.
3. As membranas embrionárias incluem o saco vitelino, o âmnio, o córion e o alantóide.
4. Materiais fetais e maternos são transferidos através da placenta.
5. A circulação fetal envolve a troca de materiais entre o feto e a mãe.
6. O feto retira seu oxigênio e nutrientes e elimina gás carbônico e seus resíduos no suprimento sangüíneo materno através da placenta.
7. Ao nascimento, quando os pulmões, o trato digestório e as funções hepáticas estão estabelecidos, as estruturas especiais para a circulação fetal não são mais necessárias.

Desenvolvimento Fetal (p. 561)

1. Durante o período fetal, os órgãos estabelecidos pelas camadas germinativas primordiais crescem rapidamente.
2. As principais mudanças associadas com o desenvolvimento embrionário e fetal são resumidas no Quadro 24.2.

Homônios da Gravidez (p. 561)

1. A gravidez é mantida pela gonadotrofina coriônica humana (hCG), pelos estrógenos e pela progesterona.
2. A somatomamotrofina coriônica humana (hCS) facilita o desenvolvimento mamário, diminui o catabolismo da glicose e promove a liberação de ácidos graxos como uma fonte alternativa de energia.

6 O hormônio que num teste de gravidez apresenta resultado positivo para a gravidez é o:
a. FSH b. progesterona c. hCG d. hGH e. LH

7 O intervalo de tempo entre a concepção do zigoto e o parto do feto é chamado de:
a. gestação b. fertilização c. placentação d. gastrulação e. implantação

8 Qual dos eventos seguintes NÃO está associado às mudanças fisiológicas maternas durante a gravidez?
a. aumento do débito cardíaco b. diminuição do volume de reserva expiratória pulmonar c. diminuição da motilidade do trato gastrintestinal d. aumento da freqüência e urgência urinária e. diminuição da produção de estrógeno

9 Os cromossomos homólogos:
a. contêm genes que controlam a mesma característica b. contêm genes que controlam características diferentes c. são herdados apenas da mãe d. são herdados apenas do pai e. contêm alelos idênticos

10 Características ligadas ao sexo são localizadas:
a. nos autossomos b. nos cromossomos X e Y c. somente no cromossomo X d. somente no cromossomo Y e. no cromossomo X em fêmeas e no cromossomo Y em machos

11 As pílulas anticoncepcionais são uma combinação de hormônios ováricos que previnem a gravidez por...
a. neutralização do pH vaginal b. inibição da mobilidade espermática c. causar alterações no revestimento uterino d. inibição da secreção de LH e FSH da hipófise e. morte química dos espermatozóides

12 O rejeito da placenta é expelido do útero dutante o período__________do trabalho de parto.
a. de parturição b. dilatação c. puerpério d. placentário e. expulsão

13 Os revestimentos do trato gastrintestinal, da bexiga urinária e o do sistema respiratório se desenvolvem a partir de qual camada germinativa primordial?
a. âmnio b. córion c. ectoderma d. endoderma e. mesoderma

14 Um indivíduo homozigoto para uma característica autossômica dominante terá um genótipo:
a. AA b. Aa c. aa d. X^AX^A e. X^aX^a

15 O genótipo de uma mulher normal é:
a. XX e 44 autossomos b. XY e 44 autossomos c. 46 autossomos d. 46 cromossomos X e. XX e 46 pares de autossomos

Aplicação do Pensamento Crítico

1. Seus vizinhos anunciam o nascimento de filhos gêmeos, um menino e uma menina. Outro vizinho disse: "Oh, que amor! Gostaria de saber se eles são idênticos." Mesmo sem ver os gêmeos, o que você poderia dizer a esse respeito?
2. Vanessa ganhou peso apesar de estar fazendo uma dieta. Ela tem um histórico de ciclos menstruais irregulares e sua melhor estimativa de tempo da última menstruação é de 3-4 meses atrás. Seu médico sugere que ela possa estar grávida e que um teste de gravidez pode não ser confiável neste período. Por quê?
3. Você se encontra em um posto de gasolina quando uma mulher grávida pede ao atendente para chamar auxílio médico porque sua "bolsa d'água" acabara de se romper. O que está acontecendo com esta mulher?
4. O filho de um amigo foi denominado "bebê azul" quando o forame em seu coração não se fechou após o nascimento. O forame foi, mais tarde, fechado cirurgicamente e a cor do bebê retornou ao normal. Identifique o forame no coração do bebê. Por que ele precisa ser fechado após o nascimento?
5. Quase ao final da gestação, uma mulher irá freqüentemente caminhar com um movimento cambaleante. Qual hormônio é o maior responsável por este cambalear e como ele produz este efeito?
6. Uma mulher com visão normal tem uma filha daltônica. A mãe alega que a criança é filha de um homem com visão normal. É possível que este homem seja pai desta criança? Por quê? Por que não?

Respostas às Perguntas das Figuras

24.1 Alterações funcionais do espermatozóide após seu depósito no trato genital feminino que permitem a fertilização de um oócito secundário.
24.2 Mórula é uma massa sólida de células (esférica); blastocisto é um aro de células que cerca uma cavidade (blastocele) e uma massa celular interna.
24.3 Secreta enzimas digestivas que digerem o revestimento do endométrio no sítio de implantação.
24.4 Gonadotrofina coriônica humana (hCG).
24.5 Disco embrionário.
24.6 O âmnio funciona como um amortecedor, enquanto que o córion forma a porção fetal da placenta.
24.7 Troca de materiais entre o feto e a mãe.
24.8 Veia umbilical
24.9 Gonadotrofina coriônica humana (hCG).
24.10 Dilatação completa do colo do útero.
24.11 25%.
24.12 Autossomos.
24.13 X^cX^c.

Capítulo 12

1. a. J b. E c. F d. I e. C f. G g. H h. A i. B j. D 2. e 3. b 4. b 5. a 6. a 7. b 8. d 9. a 10. D 11. b 12. b 13. e 14. a 15. c 16. c 17. b

Capítulo 13

1. d 2. e 3. c 4. a 5. e 6. d 7. c 8. d 9. b 10. b 11. c 12. c 13. a 14. b 15. a. B b. C c. E d. A e. D f. G g. F 16. a 17.1 c 18. b 19. a

Capítulo 14

1. c 2. e 3. b 4. b 5. d 6. c 7. c 8. c 9. a. A b. D c. C d. A e. B 10. IV, VI, II, V, VII, I, III 11. c 11. D 12. A 13. A 14. c

Capítulo 15

1. c 2. a 3. e 4. e 5. b 6. a 7. c 8. d 9. b 10. a. A b. A c. A d. B e. A f. B g. B h. A i. B j. A k. B l. B 11. d 12. b 13. a 14.a. B b. G c. A d. F e. D f. C g. E

Capítulo 16

1. b 2. a 3. c 4. d 5. e 6. a. E b. D c. B d. C e. A 7. c 7. c 8. a. H b. D c. E d. F e. A f. B g. C h. I i. G 9. b 10. b e

Capítulo 17

1. c 2. c 3. d 4. a 5. a 6. b 7. b 8. d 9. b 10. II, V, I, IV, VI, III 11. a. B b. C c. D d. E e. A f. G g. F 12. d 13. b 14. b 15. d 16. a 17. b 18. b

Capítulo 18

1. d 2. c 3. b 4. a 5. c 6. a 7. c 8. e 9. a 10. d 11. a 12. d 13. c 14. b 15. e

Capítulo 19

1. c 2. e 3. b 4. A 5. e 6. d 7. c 8. c 9. c 10. c 11. d 12. D 13. e 14. a 15. e 16. c

Capítulo 20

1. b 2. d 3. a. D b. E c. C d. B e. F f. A 4. e 5. b 6. a 7. c 8. c 9. a 10. b 11. ? 12. a 13. d

Capítulo 21

1. c 2. c 3. d 4. d 5. d 6. b 7. d 8. a 9. b 10. d 11. b 12. a 13. d 14. c 15. a

Capítulo 22

1. e 2. c 3. e 4. d 5. c 6. a 7. b 8. d 9. b 10. d 11. c 12. a. E b. A c. D d. F e. C f. B 13. c 14. a 15. c

Capítulo 23

1. d 2. d 3. c 4. c 5. a 6. c 7. b 8. a. B b. F c. A d. E e. D f. C 9. b 10. a 11. c 12. c 13. b 14. a

Capítulo 24

1. a. F b. C c. A d. D e. B f. C g. E 2. a 3. b 4. A 5. e 6. c 7. a 8. e 9. a 10. c 11. d 12. D 13. D 14. A 15. a.

fise que influencia a produção e a secreção de certos hormônios do córtex supra-renal.

Adrenoglomerulotropina Hormônio secretado pela glândula pineal que pode estimular a secreção de aldosterona.

Adução Movimento em direção à linha mediana do corpo ou de suas partes.

Adventícia O tecido conjuntivo de revestimento externo de uma estrutura ou órgão.

Aeróbico Requer oxigênio molecular.

Afasia Perda da capacidade de expressar-se corretamente por meio da fala ou perda da compreensão verbal.

Aglutinação Agrupamento de microrganismos ou corpúsculos do sangue; tipicamente, uma reação antígeno-anticorpo.

Agonista O músculo diretamente responsável por produzir o movimento desejado.

Agregados, folículos linfáticos Nódulos linfáticos agregados, que são mais numerosos no íleo. Também denominados ***placas de Peyer***.

Agudo De início rápido, sintomas severos e curso curto; não-crônico.

AIDS Ver Síndrome da imunodeficiência adquirida.

Albinismo Ausência anormal, não-patológica, parcial ou total de pigmento na pele, pêlos e olhos.

Albumina A mais abundante (60 %) e menor das proteínas plasmáticas, que age primariamente para regular a pressão osmótica do plasma.

Alcalino Que contém mais íons hidroxila (OH-) que íons hidrogênio (H+) para produzir um pH maior que 7.

Alcalose Condição em que o pH do sangue varia de 7,45 a 8,00 ou mais.

Aldosterona Mineralocorticóide produzido pelo córtex supra-renal, que provoca a reabsorção de sódio e água e excreção de potássio.

Alelos Genes que controlam o mesmo traço hereditário (como a altura ou cor dos olhos) e estão localizados na mesma posição (locus) em cromossomos homólogos.

Alérgeno Antígeno que evoca uma reação de hipersensibilidade.

Alérgico Referente a ou sensível a um alérgeno.

Alimentar Relativo à nutrição.

Altitudes elevadas, doença das Distúrbio causado por níveis diminuídos de PO_2 alveolar, à medida que a altitude aumenta, e caracterizado por cefaléia, fadiga, insônia, falta de ar, náuseas e tontura. Também denominada ***doença aguda das montanhas***.

Alucinação Percepção sensitiva de algo que não existe realmente no mundo, isto é, uma experiência sensitiva criada dentro do cérebro.

Alveolar, dúctulo Ramo de um bronquíolo respiratório em torno do qual os alvéolos e os sáculos alveolares do pulmão estão dispostos.

Alveolar, membrana capilar Fina membrana formada pela parede alveolar, células endoteliais dos vasos capilares e suas membranas basais, através da qual os gases respiratórios são trocados entre os alvéolos e o sangue no pulmão (ver respiração externa).

Alveolar, sáculo Coleção ou cacho de alvéolos que compartilham uma abertura comum.

Alvéolo Cavidade pequena; um saco de ar nos pulmões; a porção secretora de leite de uma glândula mamária.

Alzheimer, doença de (DA) Distúrbio neurológico incapacitante caracterizado por disfunção e morte de neurônios cerebrais específicos, resultando em disfunção intelectual disseminada, alterações de personalidade e flutuações na consciência.

Amenorréia Ausência de menstruação.

Aminoácido Ácido orgânico, contendo um grupo carboxila (COOH) e um grupo amino (NH_2), que é a unidade construtora com a qual as proteínas são formadas.

Aminoácidos essenciais Os dez aminoácidos que não podem ser sintetizados pelo corpo humano em uma velocidade adequada para atender às suas necessidades e, assim, devem ser obtidos pela dieta.

Amnésia Falta ou perda de memória.

Âmnio A membrana fetal mais interna; um saco fino e transparente que mantém o feto suspenso no líquido amniótico. Também denominado "***bolsa d' água***".

Amniocentese Remoção de líquido amniótico inserindo uma agulha transabdominalmente na cavidade amniótica.

Amniótico, líquido Líquido na cavidade amniótica, o espaço entre o embrião em desenvolvimento (ou feto) e o âmnio; o líquido é inicialmente produzido como um filtrado do sangue materno e, mais tarde, da urina fetal.

AMP cíclico (adenosina-3', 5'-monofosfato cíclico) Molécula formada a partir do ATP pela ação da enzima adenilatociclase; serve como um mensageiro intracelular (secundário) para alguns hormônios.

Ampola de Vater Ver Hepatopancreática, ampola.

Anabolismo Reações que geram a síntese de energia, onde moléculas pequenas são agrupadas em maiores.

Anaeróbico Não requer oxigênio molecular.

Anáfase O terceiro estágio da mitose, em que as cromátides que foram separadas nos centrômeros se movem para pólos opostos da célula.

Anafilaxia Contra a proteção; uma reação de hipersensibilidade (alérgica) em que anticorpos IgE fixam-se aos mastócitos e basófilos, fazendo com que eles produzam mediadores de anafilaxia (histamina, leucotrienos, cininas e prostaglandinas) que causam um aumento da permeabilidade sangüínea, da contração do músculo liso e da produção de muco. Os exemplos são a febre-do-feno, a urticária e o choque anafilático.

Analgesia Alívio da dor.

Anamnéstica, resposta Produção acelerada, mais intensa, de anticorpos em uma exposição subseqüente a um antígeno após a exposição inicial.

Anatomia Estrutura ou estudo da estrutura do corpo e a relação de suas partes umas com as outras.

Anatomia do desenvolvimento O estudo do desenvolvimentodo corpo, do ovo fertilizado à forma adulta. O ramo da anatomia denominado embriologia é geralmente restrito ao estudo do desenvolvimento do ovo fertilizado até a oitava semana intra-útero (embrião).

Anatomia macroscópica O ramo da anatomia que trata das estruturas que podem ser estudadas sem utilizar um microscópio.

Anatômica, posição A posição do corpo universalmente usada em descrições anatômicas, em que o corpo está ereto, em pé, voltado para o observador, os membros superiores estão dos lados, com as palmas das mãos voltadas para a frente, e os pés estão apoiados no chão.

Andrógeno Substância que produz ou estimula as características masculinas, como o hormônio masculino testosterona.

Anemia Condição do sangue em que o número de hemácias funcionais ou seu conteúdo de hemoglobina está abaixo do normal.

Anestesia Perda total ou parcial da sensibilidade, usualmente definida em relação à sensação da dor; pode ser geral ou local.

Aneurisma Aumento sacular de um vaso sangüíneo, causado por um enfraquecimento de sua parede.

Anfiartrose Articulação intermediária (cartilagínea) entre diartrose (sinovial) e sinartrose (fibrosa), em que as superfícies ósseas articulares são separadas por uma substância elástica à qual

Aspiração Inalação de uma substância estranha (água, alimento ou corpo estranho) na árvore bronquial; drenagem de uma substância para dentro ou para fora, por sucção.

Asséptico Livre de qualquer material infeccioso ou séptico.

Associação, área de Porção do córtex cerebral conectada por muitas fibras motoras e sensitivas com outras partes do córtex. As áreas de associação estão relacionadas com os padrões motores, memória, conceitos de audição e visão de palavras, raciocínio, vontade, julgamento e traços de personalidade.

Astigmatismo Irregularidade da lente (cristalino) ou córnea do olho, que faz a imagem ficar fora de foco e produz alterações na visão.

Astrócito Célula da neuróglia com forma estrelada, que sustenta os neurônios no encéfalo e medula espinal e fixa os neurônios aos vasos sangüíneos.

Ataque isquêmico transitório (AIT) Episódio de disfunção cerebral temporária, causado por interferência no suprimento sangüíneo ao cérebro.

Ataxia Falta de coordenação muscular, falta de precisão.

Atelectasia Estado colapsado ou sem ar de todo ou parte do pulmão, que pode ser agudo ou crônico.

Aterosclerose Processo em que as substâncias gordurosas (colesterol e triglicerídios) são depositadas nas paredes das artérias de médio e grande calibre em resposta a certos estímulos (hipertensão, monóxido de carbono, colesterol da dieta). Após uma lesão endotelial, os monócitos aderem à túnica interna, transformam-se em macrófagos e captam colesterol e lipoproteínas de baixa densidade. As fibras (células) de músculo liso na túnica média ingerem colesterol. Isso resulta na formação de uma placa aterosclerótica, que diminui o tamanho da luz arterial.

Atômico, número Número de prótons em um átomo.

Átomo Unidade de matéria que compreende um elemento químico; consiste de um núcleo e elétrons.

Átrio A câmara superior do coração.

Atrioventricular (AV), fascículo Parte do sistema condutor do coração, que começa no nó atrioventricular (AV), passa através do esqueleto fibroso que separa os átrios e ventrículos e então percorre uma curta distância para baixo, no septo interventricular, antes de se dividir nos ramos direito e esquerdo. Também denominado ***feixe de His***.

Atrioventricular (AV), nó Porção do sistema condutor do coração, composta de uma massa compacta de células condutoras localizada próximo ao orifício do seio coronário, na parede do átrio direito.

Atrioventricular (AV), valva Estrutura composta de dobras membranosas (válvulas) ou cúspides que permitem ao sangue fluir somente em uma direção, do átrio ao ventrículo.

Atrofia Diminuição de tamanho de uma parte, devido à insuficiência ou anormalidade da nutrição, ou falta de uso.

Auscultação Exame realizado ouvindo-se os sons do corpo.

Autofagia Processo pelo qual as organelas velhas são digeridas dentro dos lisossomos.

Auto-imunidade Resposta imunológica contra os antígenos dos tecidos do próprio indivíduo.

Autólise Destruição de uma célula por suas próprias enzimas lisossômicas.

Autópsia O exame do corpo após a morte.

Auto-regulação Ajuste local e automático do fluxo sangüíneo em uma dada região do corpo, em resposta às necessidades teciduais.

Autossomo Qualquer cromossomo exceto o par de cromossomos sexuais.

Axila Pequena depressão sob o braço, onde ele se une ao corpo no ombro.

Axônio O processo longo e usualmente único de uma célula nervosa, que conduz um impulso nervoso para longe do corpo celular.

B, célula Linfócito que se transforma em um plasmócito produtor de anticorpos ou uma célula de "memória".

Babinski, sinal de Extensão do hálux, com ou sem extensão em leque dos outros dedos, em resposta à estimulação da margem lateral da planta do pé; normal até 1 ano e meio de idade.

Baço Grande massa de tecido linfático entre o fundo do estômago e o diafragma, que atua na fagocitose, produção de linfócitos e armazenamento de sangue.

Barorreceptor Célula nervosa capaz de responder a alterações na pressão sangüínea. Também denominado ***pressoceptor***.

Barreira hematoencefálica (BHE) Mecanismo especial que impede a passagem de materiais do sangue ao líquido cerebrospinal e encéfalo.

Barreira hematotesticular Barreira formada por células de sustentação (de Sertoli), que impede uma resposta imunológica contra os antígenos produzidos pelas células espermáticas e células em desenvolvimento, isolando as células do sangue.

Bartholin, glândulas de Ver Glândulas vestibulares maiores.

Base A maior parte de uma estrutura piramidal. Um não-ácido ou um aceptor de prótons, caracterizado por excesso de íons hidróxido (OH-) e um pH maior que 7. Molécula orgânica em forma de anel, nitrogenada, que é um dos componentes de um nucleotídeo, por exemplo, adenina, guanina, citosina, timina e uracila.

Basófilo Tipo de leucócito caracterizado por um núcleo pálido e grânulos grandes que se colorem de azul-púrpura com corantes básicos.

Bastonete Receptor visual na retina do olho, especializado na visão em luz fraca, de baixa intensidade.

Benigno Não-maligno; com probabilidade de recuperação; uma doença leve.

Bexiga urinária Órgão muscular oco, situado na cavidade pélvica posteriormente à sínfise púbica.

Bilirrubina Pigmento vermelho que é um dos produtos finais da degradação da hemoglobina nas células do fígado, sendo excretado como um resíduo na bile.

Biliverdina Pigmento verde que é um dos primeiros produtos da degradação da hemoglobina nas células do fígado, e é convertido em bilirrubina ou excretado em forma de resíduo na bile.

Biofeedback Processo pelo qual um indivíduo recebe sinais constantes (retroalimentação) sobre várias funções biológicas viscerais.

Biópsia Remoção de tecido ou outro material do corpo vivo para exame, usualmente microscópico.

Blastocele A cavidade cheia de líquido dentro do blastocisto.

Blastocisto No desenvolvimento de um embrião, uma bola oca de células que consiste de uma blastocele (a cavidade interna), trofoblasto (células externas) e uma massa celular interna.

Blastômero Uma das células resultantes da clivagem de um ovo fertilizado.

Blástula Estágio inicial no desenvolvimento de um zigoto.

Bócio Aumento da glândula tireóide.

Bolo Massa mole, arredondada, usualmente de alimento, que é deglutida.

Bolsa Saco ou fundo-de-saco de sinóvia (líquido sinovial), localizado em pontos de atrito, especialmente junto às articulações.

Bomba de sódio-potássio Sistema de transporte ativo localizado na membrana celular, que transporta íons sódio para fora da célula e íons potássio para dentro da célula, com gasto de ATP celular. Ela age para manter as concentrações destes elementos em níveis fisiológicos.

Botão (bulbo) terminal sináptico Extremidade distal expandida de um axônio, que contém vesículas sinápticas.

Bowman, cápsula de Ver Glomerular, cápsula.

sos ao longo dos nervos liberam acetilcolina, que diminui o ritmo e força dos batimentos cardíacos.

Cardiologia O estudo do coração e doenças associadas a ele.

Cardiovascular, centro Grupos de neurônios dispersos na medula oblonga, que regulam a freqüência cardíaca, força da contração e diâmetro dos vasos sangüíneos.

Cáries dentais Desmineralização gradual do esmalte e dentina de um dente, que pode invadir a polpa e o osso alveolar.

Cariótipo Distribuição de cromossomos com base na forma, tamanho e posição dos centrômeros.

Caroteno Vitamina antioxidante; pigmento amarelo-alaranjado presente no estrato córneo da epiderme. Responsável pela coloração amarela da pele. Também denominado ***betacaroteno***.

Carótico, seio Região dilatada da artéria carótida interna, imediatamente acima da ramificação da artéria carótida comum, que contém receptores que monitoram a pressão arterial.

Carpo Termo coletivo para os oito ossos do punho.

Cartilagem Tipo de tecido conjuntivo consistindo de condrócitos em lacunas, embebidos em uma rede densa de colágeno e fibras elásticas e uma matriz de sulfato de condroitina.

Cartilagem costal Cartilagem hialina que fixa a costela ao esterno.

Cartilagem rompida O rompimento de um disco articular (menisco) no joelho.

Cartilagem tireóide A maior cartilagem única da laringe, consistindo de duas lâminas fundidas que formam a parede anterior da laringe. Também denominado ***pomo de Adão*** (proeminência laríngea).

Castração A remoção dos testículos.

Catabolismo Reações químicas que degradam compostos orgânicos complexos em simples, com a liberação de energia.

Catalisador Substância que pode acelerar uma reação química, aumentando a freqüência das colisões ou diminuindo a energia de ativação, sem ser alterada em si.

Catarata Perda da transparência da lente (cristalino) do olho ou de sua cápsula, ou ambos.

Cateter Tubo que pode ser introduzido em uma cavidade corporal, através de um ducto ou em um vaso sangüíneo; usado para remover líquidos, como urina e sangue, e para introduzir materiais para diagnóstico ou medicação.

Cavidade do corpo Espaço dentro do corpo que contém vários órgãos internos.

Caxumba (parotidite) Inflamação e aumento das glândulas parótidas, acompanhada por febre e dor extrema durante a deglutição.

Ceco Fundo-de-saco cego na extremidade proximal (início) do intestino grosso, ao qual o íleo está aderido.

Cefálico Referente à cabeça; em posição superior.

Cegueira das cores Qualquer desvio da percepção normal das cores, resultando freqüentemente da falta de um dos fotopigmentos dos cones.

Célula A unidade básica estrutural e funcional de todos os organismos; a menor estrutura capaz de realizar todas as atividades essenciais à vida.

Célula intersticial de Leydig Ver Endocrinócito intersticial.

Célula reticuloendotelial estrelada Célula fagocítica que reveste um sinusóide do fígado. Também denominada ***célula de Kupffer***.

Célula-alvo Célula cuja atividade é afetada por um hormônio particular.

Cemento Tecido calcificado recobrindo a raiz de um dente.

Centríolos Estruturas cilíndricas pareadas dentro de um centrossoma, cada uma consistindo de um anel de microtúbulos e disposta em ângulo reto com a outra; funcionam na formação e regeneração de flagelos e cílios.

Centro de ossificação Área no modelo de cartilagem de um futuro osso, onde as células cartilaginosas se hipertrofiam e então secretam enzimas que resultam na calcificação de sua matriz, resultando na morte das células cartilaginosas, seguida pela invasão da área por osteoblastos, que então depositam osso.

Centrômero A porção clara e contraída de um cromossomo, em que as duas cromátides são unidas; serve como ponto de fixação para os microtúbulos cromossômicos.

Centrossoma Área bastante densa de citoplasma, próximo ao núcleo de uma célula, contendo um par de centríolos; organiza o fuso mitótico durante a divisão celular.

Cerebelo Porção do encéfalo situada posteriormente à medula oblonga e ponte, relacionada com a coordenação dos movimentos.

Cérebro Duas massas de tecido nervoso localizadas na cavidade do crânio, chamadas hemisférios. É a maior porção do encéfalo.

Cerúmen Secreção semelhante a cera, produzida pelas glândulas ceruminosas no meato acústico externo.

Ceruminosa, glândula Glândula sudorípara modificada no meato acústico externo, que secreta cerúmen.

Cérvice (colo) Pescoço; qualquer porção mais estreita de um órgão, como a parte inferior cilíndrica do útero.

Cesariana Procedimento em que uma incisão baixa, horizontal, é feita através da parede abdominal e útero para a remoção do bebê e placenta.

Cetose Condição anormal marcada pela produção excessiva de corpos cetônicos.

Choque Insuficiência do sistema cardiovascular em enviar quantidades adequadas de oxigênio e nutrientes para atender as necessidades metabólicas do corpo, devido ao débito cardíaco inadequado. Ele é caracterizado por hipotensão; pele fria, úmida e pálida; sudorese; formação reduzida de urina; estado mental alterado; acidose; taquicardia; pulso fraco e rápido; e sede. Os tipos incluem hipovolêmico, cardiogênico, obstrutivo, neurogênico e séptico.

Cianose Concentração reduzida de hemoglobina (não-oxigenada) no sangue acima de 5 g/dl, que resulta em uma coloração azul ou púrpura escura que é mais facilmente vista nos leitos ungueais e túnicas mucosas.

Ciática Inflamação e dor ao longo do nervo isquiático (ciático); sentida na parte posterior da coxa, descendo por dentro da perna.

Ciclo reprodutor feminino Termo geral para os ciclos ovárico e uterino, as alterações hormonais que os acompanham e as alterações cíclicas nas mamas e colo do útero; inclui as alterações no endométrio de uma mulher não-grávida que prepara o revestimento do útero para receber um ovo fertilizado. Menos corretamente denominado ciclo menstrual.

Cifose Exagero da curvatura torácica da coluna vertebral, resultando em um aspecto em "corcunda".

Cílio Pêlo ou processo piliforme projetando-se de uma célula, que pode ser usado para mover toda a célula ou mover substâncias ao longo da superfície da célula.

Circulação coronária A via percorrida pelo sangue da parte ascendente da aorta, através dos vasos sangüíneos que suprem o coração, e retornando ao átrio direito. Também denominada ***circulação cardíaca***.

Circulação, tempo de Tempo requerido para o sangue passar pelo átrio direito, circulação pulmonar, ventrículo esquerdo, circulação sistêmica até o pé e voltar de novo ao átrio direito; normalmente é cerca de 1 min.

Círculo arterial do cérebro Anel de artérias formando uma anastomose na base do cérebro, entre as artérias carótida interna e basilar e as artérias que suprem o encéfalo. Também denominado ***polígono de Willis***.

Constipação Defecação infreqüente ou difícil, causada por motilidade diminuída dos intestinos.

Contagem diferencial de leucócitos Determinação do número de cada tipo de leucócitos em uma amostra de 100 células, para fins diagnósticos.

Contração espasmódica Contração rápida e brusca de um músculo, em resposta a um único estímulo.

Contração isométrica Contração muscular em que a tensão no músculo aumenta, mas há somente um encurtamento muscular mínimo, de modo que nenhum movimento é produzido.

Contração isotônica Contração muscular em que a tensão permanece constante, mas o músculo encurta e traciona outra estrutura para produzir movimento.

Contracepção A prevenção da concepção ou gravidez sem destruir a fertilidade.

Contraceptivo oral Composto hormonal, freqüentemente com uma alta concentração de progesterona e uma baixa concentração de estrógenos, que é deglutido e impede a ovulação e, assim, a gravidez. Também denominado ***pílula***.

Contratilidade A capacidade de células ou partes de células de gerar força ativamente para sofrer encurtamento e alteração da forma, para movimentos objetivos. As fibras (células) musculares exibem um alto grau de contratilidade.

Contusão Condição em que o tecido sob a pele é lesado, mas a pele não é rompida.

Convergência Distribuição anatômica em que os botões (bulbos) terminais sinápticos de vários neurônios pré-sinápticos terminam em um neurônio pós-sináptico; o movimento medial dos dois olhos, de modo que ambos são voltados em direção a um objeto próximo, visto de modo a produzir uma única imagem.

Convulsão Contrações violentas, involuntárias e tetânicas de todo um grupo de músculos.

***Cor pulmonale* (CP)** Hipertrofia ventricular direita por distúrbios que produzem hipertensão na circulação pulmonar.

Coração Órgão muscular oco situado levemente à esquerda da linha mediana do tórax, que bombeia o sangue através do sistema cardiovascular.

Coração-pulmão, máquina de Dispositivo que bombeia o sangue, agindo como o coração, e remove o dióxido de carbono do sangue e o oxigena, agindo como os pulmões; usado durante o transplante cardíaco, cirurgia com coração aberto e revascularização coronária.

Cordão umbilical A estrutura longa em forma de corda, contendo as artérias e veia umbilicais, que conecta o feto à placenta.

Cordas tendíneas Cordas semelhantes a tendões, fibrosas, que conectam as válvulas cardíacas com os músculos papilares.

Córion A membrana fetal mais externa, que se torna a principal porção embrionária da placenta; tem função protetora e nutritiva.

Córnea Túnica fibrosa do bulbo do olho, transparente, avascular, através da qual a íris pode ser vista.

Coróide Uma parte da túnica vascular do bulbo do olho.

Coróide, plexo Estrutura vascular localizada no interior de cada um dos quatro ventrículos do encéfalo; produz líquido cerebrospinal.

Corpo albicante Tecido fibroso branco no ovário, que se forma após o corpo lúteo regredir.

Corpo caloso A grande comissura do cérebro, entre os hemisférios cerebrais.

Corpo ciliar Uma das três porções da túnica vascular do bulbo do olho, sendo as demais a coróide e a íris; inclui o músculo ciliar e os processos ciliares.

Corpo lúteo Glândula endócrina amarela no ovário, formada quando um folículo elimina seu oócito secundário; secreta estrógenos, progesterona, relaxina e inibina.

Corpo polar A menor célula resultante da divisão desigual do citoplasma durante as divisões meióticas de um oócito. O corpo polar não tem função e é reabsorvido.

Corpo vítreo Substância gelatinosa que preenche a câmara vítrea do bulbo do olho, situada entre a lente e a retina.

Corpos cetônicos Substâncias produzidas primariamente durante o metabolismo excessivo dos triglicerídeos, como a acetona, ácido acetoacético e ácido β-hidroxibutírico.

Corpúsculo do tato O receptor para a sensação do tato; encontrado nas papilas dérmicas, especialmente nas palmas das mãos e plantas dos pés. Também denominado ***corpúsculo de Meissner***.

Córtex A camada externa de um órgão. A camada contorcida de substância cinzenta recobrindo cada hemisfério cerebral.

Córtex cerebral A superfície dos hemisférios cerebrais, com 2-4 mm de espessura, consistindo de seis camadas de corpos de celulares (substância cinzenta) na maioria das áreas.

Cowper, glândula de Ver Bulbouretrais, glândulas.

Craniano, nervo Um de 12 pares de nervos que saem do encéfalo, passam através de forames no crânio e suprem a cabeça, pescoço e parte do tronco; cada um é designado por um número romano e um nome.

Crânio, cavidade do Subdivisão da cavidade, dorsal do corpo, formada pelos ossos do crânio e contendo o encéfalo.

Creatina, fosfato de Molécula de alta energia nas fibras (células) do músculo esquelético, que é usada para gerar ATP rapidamente; ao se romper, a creatina fosfato origina creatina, fosfato e energia, que é usada para gerar ATP a partir do ADP.

Crenação O encolhimento das hemácias em forma estrelada, quando colocadas em uma solução hipertônica.

Crescimento Aumento no tamanho (volume) devido a um aumento no número de células ou no tamanho das células existentes, à medida que os componentes internos aumentam de tamanho, ou um aumento no tamanho das substâncias intercelulares.

Cripta de Lieberkühn Ver Glândula intestinal.

Criptorquidia Condição em que os testículos não descem.

Crista Estrutura em relevo. Pequena elevação na ampola de cada ducto semicircular, que serve como receptor do equilíbrio dinâmico.

Cromátides Par de faixas idênticas de nucleoproteína, conectadas, que são unidas no centrômero e se separam durante a divisão celular, cada uma se tornando um cromossomo de uma das duas células filhas.

Cromatina Massa em forma de cordão de material genético, consistindo principalmente de DNA, que está presente no núcleo de uma célula que não está se dividindo, ou célula em interfase.

Cromofílica, substância Retículo endoplasmático rugoso nos corpos celulares de neurônios, que atua na síntese das proteínas. Também denominados ***corpos (corpúsculos) de Nissl***.

Cromossomo Um dos 46 corpos pequenos, de cor escura, que surgem no núcleo de uma célula diplóide humana (2n) durante a divisão celular.

Cromossomos sexuais O 23° par de cromossomos, designados X e Y, que determinam o sexo genético de um indivíduo; em homens, o par é XY; em mulheres, XX.

Crônica Prolongada ou que recidiva freqüentemente; aplicado a uma doença que não é aguda.

Crossing-over Troca de uma parte de uma cromátide por outra, em uma tétrade, durante a meiose; permite a troca de genes entre cromátides e é um fator que resulta na variação genética.

Displasia cervical Alteração na forma, crescimento e número das células do colo do útero, a qual, caso seja severa, pode progredir para câncer.

Dispnéia Falta de ar.

Dispositivo intra-uterino (DIU) Pequeno objeto metálico ou plástico inserido no útero com o fim de prevenir a gravidez.

Distal Mais distante da fixação de um membro ao tronco ou uma estrutura; mais longe do ponto de origem.

Distensão Torção forçada de uma articulação, com ruptura parcial ou outra lesão a seus ligamentos, sem deslocamento.

Distocia Parto difícil devido a fatores como deformidades pélvicas, feto malposicionado e ruptura prematura das membranas fetais.

Distrofia muscular Doença destrutiva de músculos, hereditária, caracterizada pela degeneração das fibras (células) musculares individuais, que leva à atrofia progressiva do músculo esquelético.

Disúria Micção dolorosa.

Diurético Substância química que inibe a reabsorção do sódio, reduz a concentração do hormônio antidiurético (ADH) e aumenta o volume urinário por inibir a reabsorção facultativa da água.

Divergência Distribuição anatômica em que o botão (bulbo) terminal sináptico de um neurônio pré-sináptico termina em vários neurônios pós-sinápticos.

Diverticulite Inflamação de divertículos, protrusões saculares da parede do colo intestinal, quando a túnica muscular se enfraquece.

Divisão celular Processo pelo qual uma célula se reproduz, que consiste de uma divisão nuclear (mitose) e uma divisão citoplasmática (citocinese); os tipos incluem a divisão somática e a de células reprodutoras.

Divisão celular somática Tipo de divisão celular em que uma única célula inicial (célula mãe) se duplica para produzir duas células idênticas (células filhas); consiste da mitose e citocinese.

DNA recombinante DNA sintético, formado pela união de um fragmento de DNA de uma fonte a uma porção de DNA de outra.

Doença inflamatória pélvica (DIP) Termo coletivo para qualquer infecção bacteriana extensa dos órgãos pélvicos, especialmente o útero, tubas uterinas e ovários.

Doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) Qualquer doença, como a asma, bronquite ou enfisema, em que existe algum grau de obstrução das vias aéreas.

Doença Qualquer alteração no estado de saúde.

Dor referida Dor sentida em um local distante do ponto de origem.

Dorsal, cavidade corporal Cavidade próximo à superfície dorsal do corpo, que consiste da cavidade do crânio e do canal vertebral.

Ducto arterioso Pequeno vaso conectando o tronco pulmonar com a aorta; encontrado somente no feto.

Ducto colédoco (ducto biliar comum) Ducto formado pela união do ducto hepático comum e ducto cístico, que drena a bile no duodeno, na ampola hepatopancreática (ampola de Vater).

Ducto de Santorini Ver Ducto pancreático acessório.

Ducto deferente O ducto que conduz o esperma do epidídimo ao ducto ejaculatório. Também denominado ***ducto seminal***.

Ducto ejaculatório Tubo que transporta o esperma do ducto deferente à parte prostática da uretra.

Ducto pancreático acessório Ducto do pâncreas que se esvazia no duodeno aproximadamente 2,5 cm acima da ampola hepatopancreática (ampola de Vater). Também denominado ***ducto de Santorini***.

Ducto de Wirsung Ver Ducto pancreático.

Ducto venoso Pequeno vaso no feto que ajuda a circulação a ultrapassar o fígado.

Duodeno Os primeiros 25 cm do intestino delgado.

Dura-máter A membrana externa (meninge) recobrindo o encéfalo e a medula espinal.

Ectoderma A mais externa das três camadas germinativas primárias, que origina o sistema nervoso e a epiderme da pele e seus derivados.

Ectópica Fora da localização normal, como na gestação ectópica.

Edema Acúmulo anormal de líquido intersticial.

Edema pulmonar Acúmulo anormal de líquido intersticial nos espaços dos tecidos e alvéolos dos pulmões, devido à permeabilidade ou pressão capilar pulmonar aumentadas.

Efetor Órgão do corpo, músculo ou glândula, que responde a um impulso de um neurônio motor.

Ejaculação A ejeção reflexa ou expulsão de esperma pelo pênis.

Elasticidade A capacidade do tecido de retornar à sua forma original após a contração ou extensão.

Elemento químico Unidade de matéria que não pode ser decomposta em uma substância mais simples por reações químicas comuns. Os exemplos incluem hidrogênio (H), carbono (C) e oxigênio (O).

Eletrocardiograma (ECG) Registro das alterações elétricas que acompanham o ciclo cardíaco e podem ser registradas na superfície do corpo; pode ser feito em repouso, sob estresse ou ambulatorialmente.

Eletroencefalograma (EEG) Registro dos impulsos elétricos do encéfalo, para diagnosticar certas doenças (como a epilepsia), fornecer informação sobre sono-vigília e confirmar a morte encefálica.

Eletrólito Qualquer composto que se separe em íons quando dissolvido em água e seja capaz de conduzir eletricidade.

Elétrons, cadeia de transporte de Série de reações de oxidação-redução no catabolismo da glicose, que ocorre na membrana mitocondrial interna e em que a energia é liberada e transferida para armazenamento como ATP.

Elipsóide, articulação Ver Condilar, articulação.

Embolia Obstrução ou fechamento de um vaso por um êmbolo.

Embolia pulmonar (EP) A presença de um coágulo de sangue ou outra substância estranha em um vaso sangüíneo arterial pulmonar, que obstrui a circulação ao tecido pulmonar.

Êmbolo Coágulo sangüíneo, bolha de ar, gordura de ossos quebrados, massa de bactérias ou outros restos ou material estranho transportado pelo sangue.

Embrião A forma mais jovem de qualquer organismo em um estágio inicial de desenvolvimento; em seres humanos, é o organismo que se desenvolve da fertilização até o final da oitava semana intra-útero.

Embrião, transferência de Procedimento em que o sêmen é usado para inseminar artificialmente uma doadora fértil de oócito secundário, e a mórula ou blastocisto é então transferido pela doadora à mulher infértil, que então o conduz a termo.

Embriologia O estudo do desenvolvimento do ovo fertilizado até o final da oitava semana intra-útero.

Emigração Processo em que os leucócitos saem da corrente sangüínea lentamente, rolando junto ao endotélio e se comprimindo entre as células endoteliais. Moléculas de adesão auxiliam os leucócitos a fixar-se ao endotélio. Também conhecido como migração ou extravasamento. Anteriormente denominado diapedese.

Emissão Propulsão dos espermatozóides na uretra, em resposta a contrações peristálticas dos ductos dos testículos, epidídimo e ducto deferente, como resultado da estimulação simpática.

Escoliose Curvatura lateral anormal na linha vertical normal da coluna vertebral.

Escroto Bolsa recoberta de pele, que contém os testículos e suas estruturas acessórias.

Esfigmomanômetro Instrumento para medir a pressão arterial.

Esfíncter Músculo circular que constringe um orifício.

Esfíncter pilórico, músculo Anel espesso de músculo liso. Presente no piloro do estômago, que se comunica com o duodeno. Também denominado "*válvula*" *pilórica*.

Esmalte Substância dura, branca, recobrindo a coroa de um dente.

Esôfago Tubo muscular oco conectando a faringe ao estômago.

Espaço morto anatômico Espaços do nariz, faringe, laringe, traquéia, brônquios e bronquíolos que contêm 150 ml de volume de ar corrente; o ar não atinge os alvéolos dos pulmões para participar na troca gasosa.

Espasmo Contração súbita e involuntária de grandes grupos de músculos.

Espástico Aumento no tônus muscular (rigidez) associado a um aumento nos reflexos tendinosos e a reflexos anormais (sinal de Babinski).

Espermática, célula Gameta masculino maduro (espermatozóide).

Espermatogênese A formação e o desenvolvimento do espermatozóide nos túbulos seminíferos dos testículos (espermatozóide).

Espermatozóide Ver Espermática, célula.

Espermicida Agente que mata o espermatozóide.

Espinha bífida Defeito congênito da coluna vertebral em que as metades do arco de uma vértebra falham em se fundir na linha mediana.

Espinotalâmico, tracto Tractos sensitivos que conduzem informação da medula espinal ao cérebro, relacionados à dor, temperatura, tato protopático (grosseiro) e pressão profunda.

Espiral, órgão O órgão da audição, consistindo de células de sustentação e células ciliadas que repousam na membrana (lâmina) basilar e se estendem na endolinfa do ducto coclear. Também denominado *órgão de Corti*.

Espirômetro Aparelho usado para medir a capacidade de ar dos pulmões.

Esponjoso (trabecular), tecido ósseo Substância óssea que consiste de uma rede irregular de placas finas de osso, denominadas trabéculas; os espaços entre as trabéculas de alguns ossos são cheios de medula óssea vermelha; é encontrado dentro dos ossos curtos, planos e irregulares e nas epífises (extremidades) dos ossos longos.

Estenose Estreitamento anormal ou constrição de um ducto ou abertura (óstio).

Estenose mitral Estreitamento da valva mitral por uma formação de fibrose ou um defeito congênito.

Esterilização Eliminação de todos os microrganismos vivos. Tornar um indivíduo incapaz de reprodução (por exemplo, castração, vasectomia, histerectomia).

Estímulo Qualquer estresse que altere uma condição controlada; qualquer alteração no ambiente externo ou interno que excite um receptor, neurônio ou fibra muscular.

Estômago A dilatação do trato gastrintestinal em forma de J, imediatamente abaixo do diafragma, nas regiões epigástrica, umbilical e do hipocôndrio esquerdo do abdome, entre o esôfago e o intestino delgado.

Estrabismo Condição em que os eixos visuais dos dois olhos diferem, de modo que eles não se fixam no mesmo objeto.

Estrato basal A camada externa do endométrio, junto ao miométrio, que é mantida durante a menstruação e gestação e produz uma nova camada funcional após a menstruação ou parto.

Estrato funcional A camada interna do endométrio, junto à cavidade uterina, que é eliminada durante a menstruação e que forma a porção materna da placenta durante a gestação.

Estresse Qualquer estímulo que cria um desequilíbrio no ambiente interno do corpo.

Estressor Um estresse que é extremo, incomum ou de longa duração e desencadeia uma síndrome de adaptação geral.

Estrógenos Hormônios sexuais femininos, produzidos pelos ovários, relacionados com o desenvolvimento e a manutenção das estruturas reprodutoras femininas e características sexuais secundárias, equilíbrio líquido e eletrolítico e anabolismo das proteínas. Exemplos são o β-estradiol, estrona e estriol.

Etiologia O estudo das causas da doença, incluindo as teorias de origem e os organismos, se houver, envolvidos.

Euforia Sensação subjetivamente agradável de bem-estar, marcada por confiança e tranqüilidade.

Eupnéia Respiração calma normal.

Eustáquio, trompa de ver Tuba auditiva.

Eutanásia A prática de cessar a vida em caso de doenças incuráveis.

Eversão O movimento para fora da planta do pé na articulação do tornozelo.

Exacerbação Aumento na severidade dos sintomas ou da doença.

Excitabilidade A capacidade do tecido muscular de receber e responder a estímulos; a capacidade das células nervosas de responder a estímulos e convertê-los em impulsos nervosos.

Excreção O processo de eliminação de resíduos por uma célula, tecido ou todo o corpo; ou os produtos excretados.

Excremento Material eliminado pelo corpo em forma de resíduos, especialmente matéria fecal.

Exocitose Processo de eliminação de produtos celulares muito grandes para sair através da membrana. As partículas são revestidas por membranas de Golgi quando são sintetizadas. As vesículas saem do complexo de Golgi e conduzem as partículas encobertas à superfície interna da membrana celular, onde a membrana da vesícula e a membrana plasmática se fundem e o conteúdo da vesícula é eliminado para fora da célula.

Exócrina, glândula Glândula que secreta substâncias em ductos, que se esvaziam no epitélio de revestimento ou diretamente em uma superfície livre.

Expiração Respirar para fora; expelir ar dos pulmões na atmosfera. Também denominada *exalação*.

Exsudato Vazamento de líquido ou material semifluido, que pode conter soro, pus e restos celulares.

Extensão Aumento no ângulo entre dois ossos, restaurando uma parte do corpo à sua posição anatômica após a flexão.

Extensibilidade A capacidade do tecido muscular de ser distendido quando tracionado.

Extrínseco De origem externa.

Facilitação O processo em que a membrana de uma célula nervosa é parcialmente despolarizada por um estímulo subliminar, de modo que um estímulo subliminar subseqüente pode despolarizar ainda mais a membrana para atingir o limiar de iniciação de um impulso nervoso.

Fadiga muscular Incapacidade de um músculo manter sua força de contração ou tensão; pode estar relacionada ao oxigênio insuficiente, depleção de glicogênio e/ou acúmulo de ácido láctico.

Fagocitose O processo pelo qual as células (fagócitos) ingerem material particulado; especialmente a ingestão e destruição de micróbios, restos celulares e outras matérias estranhas.

Falange O osso de um dedo da mão ou pé.

Falópio, trompa de Ver Tuba uterina.

Fantasma, dor Sensação de dor como se fosse originada em um membro que foi amputado.

Faringe A garganta; um tubo que começa nos cóanos e desce em direção ao pes-

Gânglio Grupo de corpos celulares de neurônios que estão situados fora do sistema nervoso central.

Gangrena Morte e apodrecimento de uma massa considerável de tecido, que freqüentemente é causado por interrupção do suprimento de sangue seguida por invasão bacteriana (*Clostridium*).

Gástricas, glândulas Glândulas na túnica mucosa do estômago compostas de células que esvaziam suas secreções em canais estreitos denominados fovéolas gástricas. Os tipos de células gástricas incluem as células principais (secretam pepsinogênio), células parietais (secretam ácido clorídrico e fator intrínseco), células mucosas (secretam muco) e células G (secretam gastrina).

Gastrenterologia A especialidade médica que lida com a estrutura, função, diagnóstico e tratamento das doenças do estômago e intestinos.

Gastrintestinal (GI), trato Tubo contínuo que percorre a cavidade ventral do corpo, estendendo-se da boca ao ânus. Também denominado ***canal alimentar***.

Gene Unidade biológica da hereditariedade; segmento de DNA localizado em uma posição definida em um cromossomo particular; seqüência de DNA que codifica um particular RNAm, RNAr ou RNAt.

Gene dominante Gene que é capaz de superar a influência do gene complementar no cromossomo homólogo; o gene que é expresso.

Gene recessivo Gene que não é expresso em presença de um gene dominante no cromossomo homólogo.

Genética O estudo da hereditariedade.

Gengivas. Recobrem a parte e o processo alveolares da mandíbula e das maxilas e se estendem em cada alvéolo dental.

Genótipo A informação hereditária total conduzida por um indivíduo; a composição genética de um organismo.

Geriatria O ramo da medicina que se dedica aos problemas médicos e cuidado das pessoas idosas.

Gestação O período de desenvolvimento fetal intra-uterino. Seqüência de eventos que normalmente incluem a fertilização, implantação, desenvolvimento embrionário e fetal, que termina no nascimento.

Gigantismo Condição causada pela hipersecreção de hormônio de crescimento humano (hGH) durante a infância, caracterizada por crescimento ósseo e altura excessivos.

Ginecologia O ramo da medicina que faz o estudo e o tratamento dos distúrbios do sistema genital feminino.

Ginecomastia Crescimento excessivo (benigno) das glândulas mamárias masculinas, devido à secreção de estrógenos suficientes por um tumor de glândula supra-renal (adenoma feminizante).

Giro Uma das pregas do córtex do cérebro. Também denominado ***circunvolução***.

Glândula Célula única ou grupo de células epiteliais especializadas que secretam substâncias.

Glândula intestinal Glândula que se abre na superfície da túnica mucosa intestinal e secreta enzimas digestivas. Também denominada ***cripta de Lieberkühn***.

Glândula sebácea Glândula exócrina na derme, quase sempre associada a um folículo de pêlo, que secreta sebo.

Glaucoma Distúrbio ocular em que há uma pressão intra-ocular aumentada devido a um excesso de humor aquoso.

Glicocorticóides Grupo de hormônios do córtex supra-renal.

Glicogênese O processo pelo qual muitas moléculas de glicose se combinam para formar uma molécula denominada glicogênio.

Glicogênio Polímero altamente ramificado de glicose, contendo milhares de subunidades; funciona como um depósito compacto de moléculas de glicose no fígado e no músculo.

Glicogenólise O processo de converter glicogênio em glicose.

Glicólise Série de reações químicas que degradam a glicose em ácido pirúvico, com um ganho líquido, livre, de duas moléculas de ATP.

Gliconeogênese A conversão de uma substância que não seja um carboidrato em glicose.

Glicose Açúcar de seis carbonos, $C_6H_{12}O_6$, é a principal fonte de energia para todos os tipos celulares no corpo. Todas as células vivas conhecidas a utilizam em seu metabolismo para a produção de ATP.

Glicosúria A presença de glicose na urina; pode ser temporária ou patológica.

Glomerular, cápsula Globo de paredes duplas na extremidade proximal de um néfron, que envolve os capilares do glomérulo renal. Também denominada ***cápsula de Bowman***.

Glomerular, filtração O primeiro passo na formação de urina, em que substâncias no sangue são filtradas na membrana, e o filtrado entra no túbulo contorcido proximal de um néfron.

Glomérulo Massa arredondada de nervos ou vasos sangüíneos, especialmente o tufo microscópico de capilares que é circundado pela cápsula glomerular (de Bowman) de cada túbulo renal.

Glote A região das pregas vocais (pregas vocais verdadeiras) na laringe e o espaço entre elas (rima da glote).

Glucagon Hormônio produzido pelas células-alfa do pâncreas, que aumenta o nível de glicose no sangue.

Golgi, complexo de Organela no citoplasma das células, consistindo de quatro a oito canais achatados, empilhados um sobre o outro, com áreas expandidas em suas extremidades; atua no armazenamento das proteínas secretadas, secreção de lipídios e síntese de carboidratos.

Golgi, órgão tendinoso de Ver Fuso neurotendinoso.

Gônada Glândula que produz gametas e hormônios; o ovário na mulher e o testículo no homem.

Gonadotrópico, hormônio Hormônio que regula as funções das gônadas.

Gonorréia Doença infecciosa, sexualmente transmitida, causada pela bactéria *Neisseria gonorrhoeae* e caracterizada pela inflamação da túnica mucosa urogenital, secreção de pus e micção dolorosa.

Gordura Ver Triglicerídeo.

Gordura poliinsaturada Gordura que contém mais de uma ligação dupla covalente entre seus átomos de carbono; os exemplos são o óleo de milho, de girassol e de algodão.

Gordura saturada A gordura que não contém ligações duplas entre qualquer um de seus átomos de carbono; todas são ligações simples e todos os átomos de carbono estão ligados ao número máximo de átomos de hidrogênio; encontrada naturalmente em alimentos animais como a carne, leite, laticínios e ovos.

Graaf, folículo de Ver Folículo maduro.

Gravidez Estado da mulher durante a gestação.

Gustativo Referente ao gosto.

Haplóide Que contém a metade do número de cromossomos caracteristicamente encontrado nas células somáticas de um organismo; característica dos gametas maduros. Simbolizado por *n*.

Haustrações (sáculos do colo) As elevações saculares do colo.

Haversiano, canal Ver Canal central.

Haversiano, sistema Ver Osteona.

Heimlich, manobra de ver Manobra de compressão abdominal.

Hematócrito (Ht) A porcentagem de sangue composta de hemácias. É freqüentemente calculada centrifugando uma amostra de sangue em um tubo graduado e, então, lendo o volume das hemácias e do sangue total.

Hematologia O estudo do sangue.

Hematoma Tumor ou edema cheio de sangue.

Hormônio de crescimento humano (hGH) Hormônio secretado pela adeno-hipófise, que estimula o crescimento dos tecidos do corpo, especialmente o esquelético e o muscular. Também conhecido como ***somatotropina*** e ***hormônio somatotrópico* (STH)**.

Humor aquoso O líquido aquoso, similar em composição ao líquido cerebrospinal, que preenche a câmara do olho, anteriormente à lente.

Icterícia Condição caracterizada pela cor amarelada da pele, esclera, túnicas mucosas e líquidos corporais, devido ao acúmulo de bilirrubina.

Íleo A porção terminal do intestino delgado.

Ileocecal, valva Prega da túnica mucosa que guarda o óstio do íleo no intestino grosso.

Ilhota de Langerhans Ver Pancreática, ilhota.

Implantação A inserção de um tecido ou uma parte no corpo. A fixação do blastocisto ao revestimento do útero, 7 a 8 dias após a fertilização.

Impotência Fraqueza; incapacidade de copular; incapacidade em manter uma ereção por tempo suficiente para o intercurso sexual.

Imunidade O estado de resistência à lesão, particularmente por venenos, proteínas estranhas e parasitas invasores, devido à presença de anticorpos.

Imunidade celular O componente da imunidade em que linfócitos especialmente sensibilizados (células T) se fixam a antígenos para destruí-los.

Imunoglobulina (Ig) Anticorpo sintetizado por plasmócitos derivados dos linfócitos B, em resposta à introdução de um antígeno. As imunoglobulinas são divididas em cinco tipos (IgG, IgM, IgA, IgD, IgE) baseados primariamente no maior componente protéico presente na imunoglobulina.

Imunologia O ramo da ciência que estuda as respostas do corpo, quando desafiado por antígenos.

Inclusão celular Componente sem vida, freqüentemente temporário, do citoplasma de uma célula, sendo o contrário de organela.

Incontinência Incapacidade de reter urina, sêmen ou fezes, devido à perda do controle esfincteriano.

Indiretas (motoras), vias Tractos motores que conduzem informação do cérebro para a medula espinal, para os movimentos somáticos, coordenação dos movimentos corporais por meio de estímulos visuais, tônus muscular, postura e equilíbrio. Também conhecidas como ***vias extrapiramidais***.

Infarto A presença de uma área localizada de tecido necrótico, produzido pela oxigenação inadequada do tecido.

Infarto do miocárdio (IM) Grande necrose do tecido miocárdico, devido à interrupção do suprimento sangüíneo. Também denominado ***ataque cardíaco***.

Infecção Invasão e multiplicação de microrganismos nos tecidos do corpo, que pode ser inaparente ou caracterizada por lesão celular.

Infecção do trato urinário (ITU) Infecção de uma parte do trato urinário, ou a presença de grande número de micróbios na urina.

Inferior Longe da cabeça ou em direção à parte inferior de uma estrutura. Também denominado ***caudal***.

Infertilidade Incapacidade de conceber ou de produzir a concepção. Também denominada ***esterilidade***.

Inflamação Resposta protetora localizada à lesão tecidual, designada para destruir, diluir ou isolar o agente infeccioso ou tecido lesado; caracterizada por vermelhidão, dor, calor, edema e, algumas vezes, perda de função.

Ingestão A captação de alimento, líquidos ou drogas pela boca.

Inorgânico, composto Composto que freqüentemente não possui carbono, é pequeno e contém ligações iônicas. Os exemplos incluem a água e muitos ácidos, bases e sais.

Inseminação artificial A deposição de sêmen dentro da vagina ou do colo do útero em um momento durante o ciclo menstrual em que a gestação irá mais provavelmente ocorrer. Ela pode ser homóloga (utilizando o sêmen do marido) ou heteróloga (utilizando um doador de sêmen).

Inserção O modo ou local de fixação de um músculo ao osso que ele move.

Insolação Condição produzida quando o corpo não pode perder calor facilmente, caracterizada por transpiração reduzida e temperatura corporal elevada.

Insônia Dificuldade em adormecer e, usualmente, despertares freqüentes.

Inspiração O ato de trazer o ar para dentro dos pulmões.

Insuficiência cardíaca congestiva (ICC) Estado crônico ou agudo que ocorre quando o coração não é capaz de suprir as demandas de oxigênio do corpo.

Insuflação, reflexo de Reflexo que impede a insuflação excessiva dos pulmões. Também denominado ***reflexo de Hering-Breuer***.

Ínsula, lobo da Área triangular de córtex cerebral que se situa profundamente ao sulco lateral, limitado pelos lobos parietal, frontal e temporal, e que não pode ser vista na superfície do cérebro. Também denominado ***ilha de Reil***.

Insulina Hormônio produzido pelas células-beta do pâncreas, que diminui o nível de glicose no sangue.

Intercalar, disco Espessamento transverso irregular do sarcolema que mantém unidas as fibras (células) musculares cardíacas e as junções comunicantes que ajudam na condução dos potenciais de ação musculares.

Intercostal, nervo Nervo que supre um músculo localizado entre as costelas.

Intercurso sexual A introdução do pênis ereto de um homem na vagina de uma mulher. Também denominado ***coito ou cópula***.

Interfase O período durante o ciclo de vida em que a célula está conduzindo todos os processos vitais exceto a divisão; o estágio entre duas divisões mitóticas. Também denominado ***fase metabólica***.

Interferons Três tipos principais de proteína (alfa, beta, gama) produzidos naturalmente por células do hospedeiro infectadas com vírus, que induzem as células não-infectadas a sintetizarem proteínas antivirais, que inibem a replicação viral intracelular nas células não-infectadas do hospedeiro.

Intermação Condição caracterizada por pele fria e úmida, transpiração profusa e perda de líquidos e eletrólitos (especialmente sal), que resulta em câibras, tontura, vômitos e desmaio. Também denominada ***termoplegia***.

Interna, massa celular Região de células de um blastocisto que se diferencia nas três camadas germinativas primárias – ectoderma, mesoderma e endoderma – das quais todos os tecidos e órgãos se desenvolvem; também denominada ***embrioblasto***.

Intestino delgado Tubo longo do trato gastrintestinal, que começa no óstio pilórico do estômago, dobra-se ao longo da parte central e inferior da cavidade abdominal e termina no intestino grosso, dividindo em três segmentos: duodeno, jejuno e íleo.

Intestino grosso A porção do trato gastrintestinal que se estende do íleo do intestino delgado ao ânus; é dividido estruturalmente no ceco, colo, reto e canal anal.

Intra-uterino Dentro do útero.

Intubação Introdução de um tubo através do nariz ou boca até dentro da laringe e traquéia, para a entrada de ar ou para dilatar um estreitamento.

Inversão O movimento da planta do pé para dentro (medialmente) na articulação do tornozelo.

Linfonodo Estrutura oval ou em forma de feijão, localizada no trajeto dos vasos linfáticos.

Lipase Enzima que degrada triglicerídeos.

Lipídio Composto orgânico de carbono, hidrogênio e oxigênio, que freqüentemente é insolúvel em água, mas solúvel em álcool, éter e clorofórmio; os exemplos incluem os triglicerídeos, fosfolipídios, esteróides e prostaglandinas.

Lipogênese A síntese de lipídios a partir da glicose ou aminoácidos, pelas células do fígado.

Lipólise A quebra de uma molécula de triglicerídeo (gordura) em glicerol e ácidos graxos.

Lipoproteína Lipídio contendo proteína, que é produzido pelo fígado e se combina com o colesterol e triglicerídeos (gorduras) para torná-los hidrossolúveis para o transporte pelo sistema cardiovascular; altos níveis de lipoproteínas de baixa densidade (LDL) estão associados com um risco aumentado de aterosclerose, enquanto altos níveis de lipoproteínas de alta densidade (HDL) estão associados com um risco diminuído de aterosclerose.

Líquido corporal A água do corpo e suas substâncias dissolvidas; compreende cerca de 60 % do peso corporal total.

Líquido extracelular Líquido fora das células do corpo, como o líquido intersticial e plasma.

Líquido intersticial A porção de líquido extracelular que preenche os espaços microscópicos entre as células dos tecidos; o ambiente interno do corpo. Também denominado ***líquido intercelular ou tecidual***.

Líquido intracelular Líquido localizado dentro das células.

Líquido cerebrospinal Líquido produzido nos plexos coróides e células ependimárias dos ventrículos do encéfalo, que circula nos ventrículos e espaço subaracnóide, em torno do encéfalo e medula espinal. Popularmente denominado ***líquor***.

Lisossoma Organela no citoplasma de uma célula, revestida por uma membrana única e contendo poderosas enzimas digestivas.

Lisozima Enzima bactericida encontrada na lágrima, saliva e transpiração.

Litotripsia Procedimento não-invasivo em que ondas de choque geradas por um litotriptor são usadas para pulverizar os cálculos renais ou vesiculares.

Lombar Região dorsal e lateral entre as costelas e o quadril.

Lordose Exagero da curvatura lombar da coluna vertebral.

Lúnula A área branca em forma de lua, na raiz da unha.

Lúpus eritematoso sistêmico (LES) Doença auto-imune inflamatória que pode afetar todos os tecidos do corpo.

Luteinizante, hormônio (LH) Hormônio secretado pela adeno-hipófise, que estimula a ovulação, a secreção de progesterona pelo corpo lúteo, prontifica as glândulas mamárias para a secreção de leite em mulheres e estimula a secreção de testosterona pelos testículos em homens.

Luxação Deslocamento de um osso da articulação, com ruptura de ligamentos, tendões e cápsulas articulares.

Luz O espaço dentro de uma artéria, veia, intestino ou um tubo.

Lyme, doença de Doença causada por uma bactéria (*Borrelia burgdorferi*) e transmitida aos seres humanos por carrapatos (principalmente dos cervos); pode ser caracterizada por um exantema em "olho de boi". Os sintomas incluem rigidez articular, febre e calafrios, cefaléia, rigidez do pescoço, náuseas e dor lombar baixa. Os estágios tardios podem envolver problemas cardíacos e neurológicos e artrite.

Macrófago Célula fagocítica derivada de um monócito. Pode ser fixo ou migratório.

Macrófago alveolar Célula encontrada nas paredes alveolares dos pulmões, que é altamente fagocítica. Também denominada **célula de poeira**.

Macrófago livre (errante) Célula fagocítica que se desenvolve a partir de um monócito, deixa o sangue e migra aos tecidos infectados.

Mácula Mancha ou área colorida ou descolorida. Região pequena espessada na parede do utrículo e do sáculo, que serve como receptor do equilíbrio estático.

Mácula lútea A mancha amarela no centro da retina.

Mal-estar Desconforto, intranqüilidade e indisposição, freqüentemente indicativo de infecção.

Maligno Referente a doenças que tendem a se tornar piores e causar a morte, especialmente a invasão e a disseminação do câncer.

Mamária, glândula Glândula sudorípara modificada da mulher que secreta leite para a nutrição do bebê.

Mamografia Procedimento para visualizar as mamas, para avaliar a doença mamária ou fazer triagem do câncer de mama.

Manobra de compressão do abdome Procedimento de primeiros-socorros para a sufocação. Utiliza uma compressão rápida para cima, contra o diafragma, que força o ar para fora dos pulmões com força suficiente para remover qualquer material alojado. Também denominada ***manobra de Heimlich***

Marcapasso artificial Dispositivo que gera e emite sinais elétricos ao coração para manter um ritmo cardíaco regular.

Massa, número de Número total de prótons e nêutrons em um átomo.

Mastectomia Remoção cirúrgica dos tecidos mamários.

Mastócito Célula encontrada no tecido conjuntivo areolar, junto aos vasos sangüíneos, que produz histamina, um dilatador dos vasos sangüíneos pequenos durante a inflamação.

Matéria Tudo que ocupa espaço e possui massa.

Matriz A substância basal e as fibras entre as células em um tecido conjuntivo.

Meato Passagem ou abertura, especialmente a porção externa de um canal.

Mecanoceptor *(mecanorreceptor)* Receptor que detecta a deformação mecânica do receptor em si ou das células adjacentes; os estímulos detectados incluem aqueles relacionados ao tato, pressão, vibração, propriocepção, audição, equilíbrio e pressão arterial.

Mecanorreceptor cutâneo tipo II Receptor embebido profundamente na derme e nos tecidos profundos, que detecta as sensações de tato grosseiro e contínuo. Também denominado ***órgão terminal (corpúsculo) de Ruffini***.

Medial Junto à linha mediana do corpo ou de uma estrutura.

Mediastino Ampla divisão mediana, na verdade uma região com massa de tecidos encontrada entre as pleuras dos pulmões, que se estende do esterno à coluna vertebral.

Medicina nuclear O ramo da medicina relacionado ao uso de radioisótopos no diagnóstico de doenças e na terapia.

Medula Camada interna de um órgão, como a medula dos rins.

Medula espinal Massa de tecido nervoso localizada no canal vertebral, da qual 31 pares de nervos espinais se originam normalmente.

Medula oblonga A parte mais inferior do tronco do encéfalo.

Medula óssea Material mole e esponjoso nas cavidades do osso. A medula óssea vermelha produz células sangüíneas; a medula óssea amarela, formada principalmente de tecido adiposo, não tem função produtora de sangue.

Medular, área de ritmicidade Porção do centro respiratório na medula oblonga, que controla o ritmo básico da respiração.

Medular, cavidade O espaço dentro da diáfise de um osso longo que contém a medula óssea, principalmente a amarela.

Meibômio, glândula de Ver Tarsal, glândula.

tral na produção de ATP; conhecida como a "casa-de-força" da célula.

Mitose A divisão ordenada do núcleo de uma célula, que assegura que cada novo núcleo filho tenha o mesmo número e tipo de cromossomos que o núcleo original. O processo inclui a replicação de cromossomos e a distribuição dos dois conjuntos de cromossomos em dois núcleos separados e iguais.

Mitótico, fuso Termo coletivo para um arranjo em forma ovalada de microtúbulos, que é responsável pelo movimento dos cromossomos durante a divisão celular.

Molde Pequena massa de material endurecido formado dentro de uma cavidade do corpo, e então eliminado pelo corpo; pode se originar em diferentes áreas e ser composto de vários materiais.

Molécula Combinação química de dois ou mais átomos.

Monócito Tipo de leucócito caracterizado por citoplasma agranular; o maior dos leucócitos.

Mononucleose infecciosa (MI) Doença contagiosa causada pelo vírus Epstein-Barr (EBV) e caracterizada por uma contagem elevada de mononucleócitos e linfócitos, febre, dor de garganta, rigidez do pescoço, tosse e mal-estar.

Monossaturada, gordura Gordura que contém uma ligação covalente dupla entre seus átomos de carbono; ela não é completamente saturada com átomos de hidrogênio. Os exemplos são o óleo de oliva e o óleo de amendoim.

Monóxido de carbono (CO), envenenamento por Hipoxia devido a níveis aumentados de monóxido de carbono, como resultado de sua combinação preferencial e tenaz com a hemoglobina em vez do oxigênio.

Monte do púbis A proeminência arredondada e adiposa acima da sínfise púbica, recoberta por pêlos púbicos grosseiros.

Mórbido Referente à doença.

Mórula Massa sólida de células, produzida por clivagens sucessivas de um ovo fertilizado poucos dias após a fertilização.

Motor, neurônio Neurônio que conduz impulsos nervosos do encéfalo e medula espinhal para os efetores, que podem ser músculos ou glândulas. Também denominado ***neurônio eferente***.

Motora, área A região do córtex cerebral que comanda o movimento muscular voluntário, particularmente o giro pré-central do lobo frontal.

Motora, placa Porção do sarcolema de uma fibra (célula) muscular muito próxima da extremidade de um axônio. Também denominada **terminação neuromuscular**.

Motora, unidade Neurônio motor junto com as fibras (células) musculares que ele estimula. Também denominada **miona**.

Muco A secreção líquida espessa das glândulas mucosas e túnicas mucosas.

Mucoprodutora, célula Glândula unicelular que secreta muco. Também denominada ***célula mucosa***.

Mucosa, célula Glândula unicelular que secreta muco.

Mucosa, túnica Membrana que reveste uma cavidade corporal, que se abre ao exterior.

Muscular Túnica muscular (revestimento ou camada) de um órgão.

Muscular, tecido Tecido especializado em produzir movimento, em resposta aos potenciais de ação musculares, por suas qualidades de contratilidade, extensibilidade, elasticidade e excitabilidade. Os tipos incluem esquelético, cardíaco e liso.

Muscular, tônus Contração parcial sustentada de porções de um músculo esquelético, em resposta à ativação dos receptores de distensão.

Músculo Órgão composto de um dentre os três tipos de tecido muscular (esquelético, cardíaco ou liso), especializado na contração para produzir movimento voluntário ou involuntário das partes do corpo.

Músculo esquelético Órgão especializado na contração, composto de fibras (células) musculares estriadas, sustentadas por tecido conjuntivo, fixadas a um osso por um tendão ou uma aponeurose e estimuladas por neurônios motores somáticos.

Músculo liso Órgão especializado na contração, composto de fibras (células) musculares lisas, localizado nas paredes de estruturas internas ocas e inervado por neurônios eferentes viscerais (motores).

Mutação Qualquer alteração na seqüência de bases na molécula de DNA, resultando em uma alteração permanente em alguma característica hereditária.

Nádegas As duas massas carnosas na face posterior da parte inferior do tronco, formadas pelos músculos glúteos.

Nanismo hipofisário Condição causada pela hipossecreção do hormônio de crescimento humano (hGH) durante os anos de crescimento, caracterizada por características físicas infantis em um adulto.

Narinas As aberturas da cavidade do nariz no exterior do corpo.

Nasal (do nariz), cavidade A cavidade revestida de mucosa de cada lado do septo do nariz, que se abre na face pelas narinas e, na parte nasal da faringe, pelos cóanos.

Nasal (do nariz), septo Divisão vertical composta de osso (lâmina perpendicular do osso etmóide e osso vômer) e cartilagem, recoberta com uma túnica mucosa, separando a cavidade do nariz em lados esquerdo e direito.

Nasolacrimal, Ducto ducto que transporta a secreção lacrimal (lágrima) do saco lacrimal à cavidade do nariz.

Náusea Desconforto caracterizado pela perda de apetite e sensação de vômitos iminentes; enjôo.

Náusea matinal Sensação de náusea durante a gravidez, que pode estar relacionada ao hormônio gonadotropina coriônica humana (hCG).

Néfron A unidade funcional do rim.

Neonatal Referente às primeiras quatro semanas após o nascimento.

Neoplasma (neoplasia) Qualquer formação ou crescimento anormal freqüentemente um tumor maligno.

Nervo Feixe de fibras nervosas (axônios) em forma de cordão e seu tecido conjuntivo associado, cursando em conjunto fora do sistema nervoso central.

Nervo espinhal Um dos 31 pares de nervos que se originam na medula espinhal, das raízes posterior e anterior.

Nervosa, fibra Termo geral para qualquer processo longo projetando-se do corpo celular de um neurônio.

Nervoso, impulso Onda de negatividade (despolarização) que se autopropaga na superfície da membrana plasmática de um neurônio; também denominado ***potencial de ação nervoso***.

Nervoso, tecido Tecido que inicia e transmite impulsos nervosos para coordenar a homeóstase.

Neuralgia (nevralgia) Crises de dor ao longo de todo o curso ou ramo de um nervo sensitivo periférico.

Neurite Inflamação de um único nervo, dois ou mais nervos em áreas separadas, ou muitos nervos simultaneamente.

Neuróglia Células do sistema nervoso que são especializadas em realizar as funções do tecido conjuntivo. A neuróglia do sistema nervoso central consiste dos astrócitos, oligodendrócitos, micróglia e epêndima; a neuróglia do sistema nervoso periférico inclui os neurolemócitos (células de Schwann) e as células ganglionares satélites. Também denominadas ***células da glia***.

Neurolema A camada citoplasmática periférica, nucleada, do neurolemócito (célula de Schwann). Também denominado ***bainha de Schwann***.

Neurolemócito Célula da neuróglia do sistema nervoso periférico, que forma a bainha de mielina e o neurolema de uma fibra nervosa, enrolando-se em

ma esquelético, suas articulações e estruturas associadas.

Ortopnéia Dispnéia que ocorre em posição horizontal.

Osmorreceptor (osmoceptor) Receptor no hipotálamo que é sensível a alterações na pressão osmótica do sangue e que, em resposta à pressão osmótica elevada (baixa concentração de água), provoca a síntese e a liberação do hormônio antidiurético (ADH).

Osmose O movimento líquido (livre) das moléculas de água através de uma membrana seletivamente permeável, de uma área de maior concentração de água para uma área de concentração menor, até que um equilíbrio seja atingido.

Osmótica, pressão A pressão requerida para impedir o movimento da água pura para uma solução contendo solutos, quando as duas soluções estão separadas por uma membrana seletivamente permeável.

Ossículo auditivo (da audição) Um dos três pequenos ossos da orelha média, denominados martelo, bigorna e estribo.

Ossificação Formação de osso. Também denominada ***osteogênese***.

Ossificação endocondral Substituição de cartilagem por osso. Também denominada ***ossificação intracartilaginosa***.

Ossificação intramembranosa O método de formação óssea em que o osso é formado diretamente no tecido membranoso.

Osso compacto (denso) (substância compacta) Tecido ósseo que contém poucos espaços entre as ósteonas (sistemas haversianos); forma a porção externa de todos os ossos e a maior parte da diáfise (haste) de ossos longos.

Osteoblasto Célula formada por uma célula osteoprogenitora, que participa na formação do osso secretando alguns componentes orgânicos e sais inorgânicos.

Osteócito Célula óssea madura, que mantém as atividades diárias do tecido ósseo.

Osteoclasto Célula grande e multinucleada, que se desenvolve a partir de um monócito e destrói ou reabsorve o tecido ósseo.

Osteologia O estudo dos ossos.

Osteona (ósteon) A unidade estrutural básica da substância óssea compacta adulta, consistindo de um canal central (haversiano) com suas lamelas, dispostas concentricamente, lacunas, osteócitos e canalículos. Também denominada ***sistema haversiano***.

Osteoporose Distúrbio relacionado ao envelhecimento, caracterizado por uma diminuição da massa óssea e suscetibilidade aumentada a fraturas, como resultado da diminuição dos níveis de estrógenos.

Otolítica (das estatocônias), membrana Camada espessa e gelatinosa de glicoproteína, localizada diretamente acima das células ciliadas da mácula, no sáculo e utrículo da orelha interna.

Otolito (estatocônia) Partícula de carbonato de cálcio embebida na membrana otolítica, que atua na manutenção do equilíbrio estático.

Ovárico, ciclo Série mensal de eventos no ovário, associada com a maturação de um óvulo.

Ovárico, folículo Nome geral para os oócitos (óvulos imaturos) em qualquer estágio de desenvolvimento, junto com suas células epiteliais circundantes.

Ovário Gônada feminina, que produz os óvulos e os hormônios estrogênio, progesterona e relaxina.

Ovulação A ruptura de um folículo ovárico maduro (de Graaf) com a liberação de um oócito secundário na cavidade peritoneal.

Óvulo A célula reprodutora feminina ou célula germinativa.

Oxidação A remoção de elétrons e íons hidrogênio (átomos de hidrogênio) de uma molécula ou, menos comumente, a adição de oxigênio a uma molécula, que resulta em uma diminuição no conteúdo de energia da molécula. A oxidação da glicose no corpo também é denominada ***respiração celular***.

Oxiemoglobina (HbO_2) Hemoglobina combinada com oxigênio.

Oxigênio, débito de O volume de oxigênio requerido para oxidar o ácido láctico produzido pelo exercício muscular.

Palato A estrutura horizontal separando as cavidades da boca e do nariz; o teto da boca.

Palato duro A porção anterior do teto da boca, formado pelas maxilas e ossos palatinos e revestido por túnica mucosa.

Palato fendido (fenda palatina) Condição em que os processos palatinos das maxilas não se unem antes do nascimento; lábio leporino, uma fenda no lábio superior, é freqüentemente associado ao palato fendido.

Palpar Examinar por meio do tato; sentir.

Palpitação Batimento acelerado do coração ou ritmo anormal.

Pâncreas Órgão mole e oblongo, situado junto à curvatura gástrica maior e conectado por um ducto ao duodeno. Ele é exócrino (secretando suco pancreático) e endócrino (secretando insulina, glucagon e somatostatina).

Pancreática, ilhota Grupo de células endócrinas no pâncreas, que secretam insulina, glucagon e somatostatina. Também denominada ***ilhota de Langerhans***.

Pancreático, ducto Tubo único e grande que se une com o ducto colédoco do fígado e vesícula biliar, e drena o suco pancreático ao duodeno, na ampola hepatopancreática (ampola de Vater). Também denominado ***ducto de Wirsung***.

Papanicolaou, teste de Teste citológico coloração para a detecção e diagnóstico de condições pré-malignas e malignas do trato genital feminino. As células raspadas do epitélio genital são esfregadas, fixadas, coradas e examinadas microscopicamente.

Papila Pequena projeção ou elevação em forma de mamilo.

Papila dérmica Projeção digitiforme da região papilar (superior) da derme, que pode conter capilares sangüíneos ou corpúsculos do tato (de Meissner).

Papila mamária (mamilo) Projeção pigmentada e enrugada na superfície da mama, que é a localização das aberturas dos ductos lactíferos para a liberação do leite.

Parada cardíaca Cessação dos batimentos cardíacos efetivos, em que o coração pára completamente ou está em fibrilação ventricular.

Paralisia Perda ou alteração da função motora devido a uma lesão de origem nervosa ou muscular.

Paralisia cerebral Grupo de distúrbios motores resultando em incoordenação muscular e perda do controle muscular, causado por lesão às áreas motoras do encéfalo (córtex cerebral, núcleos da base e cerebelo) durante a vida fetal, nascimento ou infância.

Parassimpática, divisão Uma das duas subdivisões do sistema nervoso autônomo, tendo corpos celulares de neurônios pré-ganglionares em núcleos no tronco do encéfalo e na substância cinzenta (coluna lateral) da porção sacral da medula espinhal; é primariamente relacionada com atividades que conservam e restauram a energia corporal. Também denominada ***divisão craniossacral sistema nervoso autônomo***.

Paratireóide, glândula Uma de normalmente quatro glândulas endócrinas pequenas, embebidas na superfície posteriore dos lobos laterais da glândula tireóide.

Paratireóideo, hormônio (PTH) Hormônio secretado pelas glândulas paratireóides, que diminui o nível de fosfato no sangue e aumenta o nível de cálcio.

Parietal Referente a ou formando a parede externa de uma cavidade do corpo.

Plano frontal Plano em ângulo reto com o plano sagital mediano, que divide o corpo ou os órgãos em porções anterior e posterior. Também denominado ***plano coronal***.

Plano oblíquo Plano que passa através do corpo ou de um órgão em um ângulo entre o plano transversal e um dos seguintes planos: sagital, parassagital ou frontal.

Plano parassagital Plano vertical que não passa através da linha mediana e divide o corpo ou órgãos em lados direito e esquerdo desiguais. Plano paralelo ao sagital mediano.

Plano sagital Plano vertical que divide o corpo ou órgãos em porções esquerda e direita. Esse plano pode ser sagital mediano, em que as divisões são iguais, ou parassagital, em que as divisões são desiguais.

Plano sagital mediano Plano vertical através da linha mediana do corpo, que divide o corpo ou órgãos em lados iguais, direito e esquerdo. Também denominado ***plano mediano***.

Plano transversal Plano que corre paralelo ao solo e divide o corpo ou órgãos em porções superior e inferior. Também denominado ***plano horizontal***.

Plaqueta Fragmento de citoplasma recoberto por uma membrana celular e sem núcleo; encontrado no sangue circulante; desempenha um papel na coagulação do sangue.

Plasma sangüíneo O líquido extracelular encontrado nos vasos sangüíneos; sangue menos os elementos figurados.

Plasmócito Célula que produz anticorpos e se desenvolve a partir de uma célula B (linfócito).

Pleura A túnica serosa que reveste os pulmões e as paredes do tórax e diafragma.

Pleura visceral A lâmina interna da túnica serosa que reveste os pulmões.

Pleural, cavidade Pequeno espaço potencial entre as pleuras visceral e parietal.

Plexo braquial Rede de feixes de fibras nervosas dos ramos anteriores (ventrais) dos nervos espinhais C5, C6, C7, C8 e T1. Os nervos que emergem do plexo braquial suprem o membro superior.

Plexo cervical Rede de feixes de fibras nervosas formada pelos ramos anteriores (ventrais) dos quatro primeiros nervos cervicais.

Plexo lombar Rede formada pelos ramos anteriores dos nervos espinhais L1 a L4.

Plexo sacral Rede formada pelos ramos anteriores (ventrais) dos nervos espinhais L4 a S3.

Plexo Rede de nervos, veias ou vasos linfáticos.

Pneumonia Infecção aguda ou inflamação dos alvéolos dos pulmões.

Podiatria O diagnóstico e tratamento dos distúrbios do pé.

Polarizado Condição em que efeitos ou estados opostos existem ao mesmo tempo. No contexto elétrico, ter uma porção negativa e outra positiva; por exemplo, uma membrana celular nervosa polarizada tem a superfície externa carregada positivamente e a superfície interna carregada negativamente.

Policitemia Distúrbio caracterizado por um hematócrito acima do nível normal de 55, em que ocorrem hipertensão, trombose e hemorragia.

Polígono de Willis Ver Círculo arterial (arterioso) do cérebro.

Poliomielite Infecção viral marcada por febre, cefaléia, rigidez de nuca e dorso, dor e fraqueza muscular profunda e perda de certos reflexos somáticos; uma forma séria da doença, a pólio bulbar, resulta na destruição dos neurônios motores nas colunas anteriores que originam os nervos espinhais, o que leva à paralisia.

Pólipo Tumor pediculado, encontrado especialmente em túnicas mucosas.

Polissacarídeo Carboidrato em que dezenas ou centenas de monossacarídeos são unidos quimicamente.

Poliúria A produção excessiva de urina.

Pulpar, cavidade (do dente) Uma cavidade dentro da coroa, colo e raiz de um dente, cheia de polpa, um tecido conjuntivo contendo vasos sangüíneos, nervos e vasos linfáticos.

Ponte A porção do tronco do encéfalo que forma a "ponte" entre a medula oblonga (bulbo) e o mesencéfalo, anteriormente ao cerebelo.

Ponto cego Área na retina no início do nervo óptico (II) em que não existem células receptoras de luz. Também denominado ***disco do nervo óptico***.

Porta do fígado, circulação O fluxo de sangue dos órgãos gastrintestinais ao fígado, antes de retornar ao coração.

Posterior Próximo à ou na região dorsal do corpo. Também denominado ***dorsal***.

Potencial de ação Onda de negatividade que se autopropaga ao longo da superfície externa da membrana de um neurônio ou fibra (célula) muscular; uma alteração rápida no potencial de membrana que envolve uma despolarização seguindo uma repolarização. Também denominado ***potencial de ação nervoso ou impulso nervoso***, se relacionado a um neurônio, e ***potencial de ação muscular*** quando relacionado a uma fibra (célula) muscular.

Potencial de ação muscular Impuls estimulante que viaja pelo sarcolema e então pelos túbulos transversos; é gerado pela acetilcolina das vesícula sinápticas, que altera a permeabilidade do sarcolema aos íons sódio (Na^+).

Potencial gerador A despolarização gradual que resulta em uma alteração no potencial de membrana de repouso em um receptor (terminação nervosa especializada).

Pregas vocais verdadeiras Par de pregas de túnica mucosa abaixo das pregas vestibulares, que atuam na produção da voz. Também denominadas ***pregas vocais***.

Pré-eclâmpsia Síndrome caracterizada por hipertensão súbita, grandes quantidades de proteína na urina e edema generalizado; pode estar relacionada a uma reação auto-imune ou alérgica devido à presença de um feto.

Prepúcio A pele frouxa que recobre a glande do pênis e do clitóris.

Pressão sanguínea (PS) Pressão exercida pelo sangue à medida que ele pressiona contra e tenta distender os vasos sangüíneos, especialmente as artérias; a força é gerada pelo ritmo e força dos batimentos cardíacos; clinicamente, é a medida da pressão nas artérias durante a sístole ventricular e a diástole ventricular.

Pressão de filtração efetiva Pressão líquida que expressa a relação entre a força que promove a filtração glomerular e as forças oponentes a ela.

Pressão de pulso A diferença entre as pressões máxima (sistólica) e mínima (diastólica); normalmente um valor de aproximadamente 40 mm Hg.

Pressão líquida de filtração Pressão líquida que expressa a relação entre as forças que promovem o movimento do líquido nas extremidades arterial e venosa de um capilar, e que promove a filtração glomerular nos rins.

Proctologia O ramo da medicina que trata o reto e seus distúrbios.

Prófase O primeiro estágio da mitose, durante o qual os pares de cromátides são formados e agregam-se em torno do plano equatorial da célula.

Profundo Longe da superfície do corpo.

Progênie Referente aos filhos ou descendentes; prole.

Progesterona Hormônio sexual feminino, produzido pelos ovários, que ajuda a preparar o endométrio para a implantação de um ovo fertilizado e as glândulas mamárias para a secreção de leite.

Prognóstico Previsão do resultado provável de um distúrbio; a expectativa de recuperação.

ou externo, que visa restaurar a homeostase; passa sobre um arco reflexo.

Refração A curvatura da luz quando ela passa de um meio para outro.

Regeneração A renovação natural de uma estrutura.

Regurgitação Retorno de sólidos ou líquidos do estômago para a boca; fluxo retrógrado de sangue através de valvas cardíacas incompletamente fechadas.

Rejeição Fenômeno pelo qual o corpo reconhece uma proteína como estranha (antígenos HLA) em tecidos ou órgãos transplantados e produz anticorpos contra ela.

Relaxina Hormônio feminino produzido pelos ovários, que relaxa a sínfise púbica e ajuda a dilatar o colo do útero para facilitar o parto.

Remodelação Substituição de osso velho por tecido ósseo novo.

Renal Referente ao rim.

Renal, corpúsculo A cápsula glomerular (de Bowman) e seu glomérulo.

Renal, fator eritropoiético Enzima liberada pelos rins e fígado em resposta à hipoxia, que atua sobre uma proteína plasmática para estimular a produção de eritropoietina (eritropoetina), um hormônio que estimula a produção das hemácias.

Renal, insuficiência Incapacidade dos rins de funcionar corretamente, devido à falha abrupta (aguda) ou progressiva (crônica).

Renal, pelve A estrutura cavitária no centro do rim, formada pela porção proximal expandida do ureter, situada dentro do rim, na qual os cálices renais maiores se abrem.

Renal, pirâmide Estrutura triangular na medula renal, composta dos segmentos retos dos túbulos renais.

Renina Enzima liberada pelo rim no plasma sangüíneo, onde ela converte o angiotensinogênio em angiotensina I.

Renina-angiotensina, via Mecanismo para o controle da secreção de aldosterona pela angiotensina II, iniciado pela secreção de renina pelos rins, em resposta à pressão arterial baixa.

Repolarização Restauração de um potencial de membrana de repouso, após uma despolarização.

Repouso, potencial de membrana de A diferença de voltagem que existe entre o interior e o exterior de uma membrana celular, quando a célula não está respondendo a um estímulo; cerca de -70 a -90 mV, com o interior da célula negativo.

Reprodução A formação de células novas para o crescimento, reparo ou substituição, ou a produção de um novo indivíduo.

Resistência Capacidade de evitar a doença. A oposição encontrada por uma carga elétrica à medida que ela se move através de uma substância, de um ponto a outro. A oposição encontrada pelo sangue, à medida que ele flui através do sistema vascular, ou pelo ar, através das vias respiratórias.

Resistência periférica Resistência (impedância) ao fluxo sangüíneo, como resultado da força de atrito entre o sangue e as paredes dos vasos sangüíneos, que está relacionada com a viscosidade do sangue e com o comprimento e diâmetro do vaso sangüíneo.

Respiração celular Ver Oxidação.

Respiração externa A troca de gases respiratórios entre os pulmões e o sangue. Também denominada ***respiração pulmonar***.

Respiração interna A troca de gases respiratórios entre o sangue e as células do corpo. Também denominada ***respiração tecidual***.

Respiração Troca geral de gases entre a atmosfera, sangue e células do corpo, consistindo da ventilação pulmonar, respiração externa e respiração interna.

Respiratória, insuficiência Condição em que o sistema respiratório não pode suprir oxigênio suficiente para manter o metabolismo ou eliminar dióxido de carbono suficiente para impedir a acidose respiratória.

Respiratório, centro Conjunto de neurônios na formação reticular do tronco do encéfalo, que regula o ritmo da respiração (freqüência respiratória).

Resposta de luta-ou-fuga O efeito da estimulação da divisão simpática do sistema nervoso autônomo.

Ressonância magnética (RM) Procedimento diagnóstico que focaliza os núcleos dos átomos de um único elemento em um tecido, em geral o hidrogênio, para determinar se eles se comportam normalmente em presença de uma força magnética externa; usado para indicar a atividade bioquímica de um tecido. Anteriormente denominada ressonância nuclear magnética (RNM).

Ressuscitação Ato de trazer uma pessoa novamente à consciência plena.

Ressuscitação cardiopulmonar (RCP) Técnica usada para restaurar a vida ou consciência a uma pessoa aparentemente morta ou morrendo; inclui a respiração externa (respiração de ar exalado) e massagem cardíaca externa.

Retenção Falha em eliminar urina, devido à obstrução, contração nervosa da uretra ou ausência de sensação ou desejo de urinar.

Reticular, formação Uma rede de pequenos grupos de células nervosas dispersas entre feixes de fibras nervosas, iniciando na medula oblonga (bulbo), como uma continuação da medula espinal, e estendendo-se para cima através da parte central do tronco do encéfalo.

Reticular, sistema ativador (SAR) Extensa rede de células nervosas ramificadas, correndo através do centro do tronco do encéfalo. Quando essas células são ativadas, ocorre um estado de alerta generalizado ou uma vigília.

Retículo endoplasmático (RE) Rede de canais que percorrem o citoplasma de uma célula, que auxilia no transporte intracelular, na sustentação, no armazenamento, na síntese e na reserva de moléculas. Porções do RE onde os ribossomos estão aderidos à superfície externa são denominadas retículo rugoso ou granular; porções que não possuem ribossomos são denominadas retículo liso ou agranular.

Retículo sarcoplasmático Rede de sáculos e tubos circundando as miofibrilas de uma fibra (célula) muscular, comparável ao retículo endoplasmático; serve para reabsorver os íons cálcio durante o relaxamento e para liberá-los para causar a contração.

Retina A túnica interna do bulbo do olho, situada somente na porção posterior do olho e consistindo de tecido nervoso e uma camada pigmentada composta de células epiteliais em contato com a coróide. Também denominada ***túnica nervosa***.

Retinal Derivado da vitamina A que age como porção absorvedora de luz do fotopigmento rodopsina.

Reto Os últimos 20 cm do trato gastrintestinal, do colo sigmóide ao ânus. Nota: o autor inclui o canal anal como parte do reto.

Retração O movimento de uma parte protraída do corpo, de volta a um plano paralelo ao solo, como ao puxar a mandíbula de volta ao alinhamento com a maxila.

Retroalimentação, sistema de Seqüência circular de eventos em que a informação sobre o estado de uma situação é continuamente relatada a uma região central de controle.

Retroalimentação negativa O princípio que governa a maioria dos sistemas de controle; um mecanismo de resposta em que um estímulo inicia ações que revertem ou reduzem o estímulo.

Retroalimentação positiva Mecanismo em que a resposta aumenta o estímulo original.

Sífilis Doença sexualmente transmitida, causada pela bactéria *Treponema pallidum*.

Simpática, divisão Uma das duas subdivisões do sistema nervoso autônomo, com corpos celulares de neurônios pré-ganglionares nas colunas laterais dos segmentos torácicos e dos dois ou três primeiros segmentos lombares da medula espinal; primariamente relacionada a processos envolvendo gasto de energia. Também denominada ***divisão toracolombar do sistema nervoso autônomo***.

Simpaticomimético Produz efeitos que mimetizam os da divisão simpática do sistema nervoso autônomo.

Sinais vitais Os sinais necessários para a vida, que incluem a temperatura, pulso, ritmo respiratório e pressão arterial.

Sinapse A junção entre os processos de dois neurônios adjacentes, o lugar onde a atividade de um neurônio afeta a atividade do outro; pode ser elétrica ou química.

Sinartrose Articulação fibrosa, imóvel.

Síncope Desmaio; perda súbita temporária de consciência, associada à perda do tônus postural e seguida pela recuperação espontânea; mais freqüentemente causada por isquemia cerebral.

Síndrome Grupo de sinais e sintomas que ocorrem juntos, em um padrão que é característico de uma doença em particular ou condição anormal.

Síndrome alcoólica-fetal Termo aplicado aos efeitos da exposição intra-uterina ao álcool, como o crescimento lento, órgãos defeituosos e retardo mental.

Síndrome da angústia respiratória do lactente Doença de recém-nascidos, especialmente prematuros, em que uma quantidade insuficiente de surfactante é produzida e a respiração é difícil. Também denominada ***doença da membrana hialina***.

Síndrome da articulação temporomandibular (ATM) Distúrbio da articulação temporomandibular (ATM) caracterizada por dor "surda" em torno da orelha, sensibilidade aumentada dos músculos da mandíbula, um ruído de clique ou "pop" ao abrir ou fechar a boca, abertura limitada ou anormal da boca, cefaléia, sensibilidade dental e desgaste anormal dos dentes.

Síndrome da imunodeficiência adquirida (SIDA) Causada por um vírus denominado vírus da imunodeficiência humana (HIV). É um distúrbio caracterizado por um teste positivo para anticorpos HIV, baixa contagem de células T_4 ("*helper*") e certas doenças indicadoras (por exemplo, sarcoma de Kaposi, pneumonia por *Pneumocystis carinii*, tuberculose, doenças fúngicas). Outros sintomas incluem febre ou suores noturnos, tosse, esofagite, fadiga, dores no corpo, perda de peso e aumento dos linfonodos.

Síndrome da morte súbita do lactente (SMSL) Morte completamente inesperada e inexplicada de um lactente aparente ou virtualmente bem; a morte em geral ocorre durante o sono.

Síndrome de adaptação geral Amplo conjunto de alterações corporais desencadeadas por um estressor que prepara o corpo para atender uma emergência.

Síndrome de Cushing Condição causada pela hipersecreção de glicocorticóides, caracterizada por pernas afastadas, "face de lua cheia", giba, abdome pendular, rubor facial, má cicatrização de feridas, hiperglicemia, osteoporose, fraqueza, hipertensão e suscetibilidade aumentada a doenças.

Síndrome de Down Defeito hereditário devido a uma cópia extra do cromossomo 21. Os sintomas incluem retardo mental; crânio pequeno, achatado da frente para trás; nariz curto e achatado; dedos curtos e um espaço alargado entre os dois primeiros dedos da mão e pé. Também denominada ***trissomia do 21***.

Síndrome de estresse da tíbia Sensibilidade ou dor na tíbia, provavelmente causada por inflamação do periósteo, desencadeada por esforços repetidos dos músculos e tendões inseridos no periósteo.

Síndrome de Reye Doença, primariamente de crianças e adolescentes, caracterizada por vômitos e disfunção cerebral, que pode progredir para coma e morte; parece ocorrer após uma infecção viral, particularmente varicela ou influenza; acredita-se que a aspirina seja um fator de risco.

Síndrome do choque tóxico (SCT) Doença causada pela bactéria *Staphylococcus aureus*, que ocorre principalmente entre mulheres menstruadas que usam absorventes internos, caracterizada por febre alta, dor de garganta, cefaléia, fadiga, irritabilidade e dor abdominal.

Síndrome do X frágil Distúrbio hereditário caracterizado por dificuldades de aprendizado, retardo mental e anormalidades físicas, devido a um gene defeituoso no cromossomo X.

Síndrome nefrótica Condição em que a membrana de filtração vaza, deixando grandes quantidades de proteína escaparem na urina.

Síndrome pré-menstrual (SPM) Severo estresse físico e emocional que ocorre tardiamente na fase pós-ovulatória do ciclo menstrual e algumas vezes se sobrepõe à menstruação.

Sinérgico, efeito Interação hormonal em que os efeitos de dois ou mais hormônios complementam uns aos outros, de modo que a célula-alvo responde à soma dos hormônios envolvidos. Um exemplo são as ações combinadas de estrógenos, progesterona, prolactina e ocitocina na lactação.

Sinergista Músculo que auxilia o agonista, reduzindo a ação indesejada ou movimento desnecessário.

Sínfise Linha de união. Articulação cartilaginosa levemente móvel, como a sínfise púbica entre as partes anteriores dos ossos do quadril.

Sínfise púbica Articulação cartilaginosa levemente móvel, entre os dois ossos púbis.

Sinoatrial (SA), nó Massa compacta de fibras (células) musculares cardíacas especializadas na condução, localizada no átrio direito, junto ao óstio da veia cava superior. Também denominado ***nó (nodo) sinuatrial ou marcapasso***.

Sinóvia (líquido sinovial) Secreção da membrana sinovial que lubrifica a articulação e nutre a cartilagem articular.

Sinovial, articulação Articulação completamente móvel ou diartrose, em que uma cavidade articular está presente entre os dois ossos articulados.

Sinovial, cavidade O espaço entre os ossos articulados de uma articulação sinovial, cheio de sinóvia (líquido sinovial). Corretamente denominada ***cavidade articular***.

Sinovial, membrana A mais interna das duas camadas da cápsula articular de uma articulação sinovial, composta de tecido conjuntivo areolar que secreta sinóvia na cavidade articular.

Sintoma Alteração subjetiva na função corporal, não-aparente para um observador, como a febre ou náusea, que indica a presença de uma doença ou distúrbio do corpo.

Sinusite Inflamação da túnica mucosa de um seio paranasal.

Sistema Associação de órgãos que possuem uma função comum.

Sistema nervoso autônomo (SNA) Neurônios eferentes viscerais, simpáticos e parassimpáticos, que transmitem os impulsos nervosos do sistema nervoso central ao músculo liso, músculo cardíaco e glândulas; é assim denominado porque se acreditava que essa porção do sistema nervoso era autogovernada ou espontânea.

Sistema nervoso central (SNC) Porção do sistema nervoso que consiste do encéfalo e medula espinal.

Testículo Gônada masculina que produz espermatozóides e os hormônios testosterona e inibina.

Testosterona Hormônio sexual masculino (andrógeno) secretado por endocrinócitos intersticiais (células de Leydig) de um testículo maduro; controla o crescimento e desenvolvimento dos órgãos sexuais masculinos, características sexuais secundárias, espermatozóides e crescimento do corpo.

Tetania Condição nervosa causada por hipoparatireoidismo, caracterizada por contrações musculares tônicas intermitentes ou contínuas dos membros.

Tétano Doença infecciosa causada pela toxina do *Clostridium tetani*, caracterizada por espasmos musculares tônicos e reflexos exagerados, trismo e arqueamento do dorso; contração sustentada produzida por uma série de estímulos muito rápidos a um músculo.

Tetralogia de Fallot Combinação de quatro defeitos cardíacos congênitos: (1) estreitamento da valva do tronco pulmonar, (2) abertura no septo interventricular, (3) emergência da aorta de ambos os ventrículos, em vez de apenas do esquerdo e (4) aumento do ventrículo direito.

Timo Órgão bilobado, localizado no mediastino superior atrás do esterno e entre os pulmões, que desempenha um papel nas respostas imunológicas do corpo.

Tímpano, membrana do Divisão fina, semitransparente, de tecido conjuntivo fibroso entre o meato acústico externo e a orelha média.

Tique Contração espasmódica involuntária de músculos que normalmente estão sob controle voluntário.

Tireóide, glândula Glândula endócrina com lobos direito e esquerdo de cada lado da traquéia, conectados por um istmo localizado na frente da traquéia, logo abaixo da cartilagem cricóide.

Tireóide, hormônio estimulante da (TSH) Hormônio secretado pela adeno-hipófise que estimula a síntese e a secreção de hormônios produzidos pela glândula tireóide.

Tiroxina Hormônio secretado pela glândula tireóide que regula o metabolismo orgânico, o crescimento e desenvolvimento e a atividade do sistema nervoso.

Tomografia computadorizada (TC) Técnica de raio X que fornece uma imagem transversal de qualquer área do corpo. Também denominada ***tomografia axial computadorizada (TAC)***.

Tomografia de emissão de positrons (TEP) Tipo de varredura radioativa com base na liberação de raios gama quando positrons colidem com elétrons negativamente carregados nos tecidos do corpo; indica onde os radioisótopos estão sendo usados no corpo.

Tonsila Agregado múltiplo de grandes folículos linfáticos, embebidos na túnica mucosa.

Tópico Aplicado à superfície em vez de ingerido ou injetado.

Torácica, cavidade Componente superior da cavidade ventral do corpo que contém duas cavidades pleurais, o mediastino e a cavidade pericárdica.

Torácico, ducto Vaso linfático que começa em uma dilatação denominada cisterna do quilo, recebe a linfa do membro superior esquerdo da cabeça, pescoço e tórax, braço esquerdo e todo o corpo abaixo das costelas e esvazia-se na veia subclávia esquerda. Também denominado ***ducto linfático esquerdo***.

Tóxico Referente a uma toxina ou veneno; venenoso.

Trabécula Rede irregular de placas finas de substância óssea esponjosa. Cordão fibroso de tecido conjuntivo que serve como sustentação, formando um septo que se estende para dentro de um órgão, a partir de sua parede ou cápsula.

Tradução O processo pelo qual a informação nas bases nitrogenadas de RNAm dirige a distribuição de aminoácidos em uma proteína.

Transcrição O primeiro passo na transferência de informação genética, em que uma única fita de uma molécula de DNA serve como molde para a formação de uma molécula de RNA.

Transfusão Transferência de sangue total, componentes do sangue ou medula óssea vermelha diretamente na corrente sangüínea.

Transfusão pré-operatória autóloga Doação de sangue a si próprio, até seis semanas antes de uma cirurgia eletiva, para assegurar um suprimento abundante e reduzir as complicações transfusionais como aquelas que podem estar associadas a doenças como a AIDS e a hepatite. Também denominada ***pré-doação***.

Transpiração Substância produzida pelas glândulas sudoríparas, contendo água, sais, uréia, ácido úrico, aminoácidos, amônia, açúcar, ácido láctico e ácido ascórbico; ajuda a manter a temperatura corporal e eliminar impurezas; suor.

Transplante A substituição de tecidos ou órgãos lesados ou doentes por outros naturais.

Transporte ativo O movimento de substâncias, freqüentemente íons, através da membrana celular, contra um gradiente de concentração, requerendo o gasto de energia (ATP).

Traquéia Passagem tubular de ar, estendendo-se da laringe à quinta vértebra torácica.

Traqueostomia Criação de uma abertura na traquéia, através do pescoço (abaixo da cartilagem cricóide), com a inserção de um tubo para facilitar a passagem de ar ou a eliminação de secreções.

Trato Feixe específico de fibras nervosas no sistema nervoso central; tracto.

Trauma Lesão física ou transtorno psicológico, causado por um agente externo ou força, como um golpe físico ou um choque emocional; o agente ou força que causa a lesão.

Tremor Contração rítmica, involuntária de grupos musculares oponentes.

Tricúspide, valva Valva atrioventricular (AV) no lado direito do coração.

Trigêmeo, nevralgia do Dor em um ou mais dos ramos do nervo trigêmeo (V). Também denominado ***tique doloroso***.

Triglicerídeo (gordura) Composto lipídico formado por uma molécula de glicerol e três moléculas de ácidos graxos; a fonte de energia mais concentrada do corpo. O tecido adiposo, composto de adipócitos especializados no armazenamento de triglicerídeos, está presente na forma de coxins moles entre vários órgãos para sustentar, proteger e isolar.

Triiodotironina (T^3) Hormônio produzido pela glândula tireóide, que regula o metabolismo orgânico, crescimento e desenvolvilmento e a atividade do sistema nervoso.

Tróclea Superfície em forma de roldana ou carretel.

Trocóide, articulação Articulação sinovial em que uma superfície arredondada, pontuda ou cônica de um osso articula-se com um anel formado parcialmente por outro osso e parcialmente por um ligamento, como na articulação entre o atlas e áxis e entre as extremidades proximais do rádio e da ulna. Também denominada **articulação em pivô**.

Trofoblasto O revestimento externo das células do blastocisto.

Trombina A enzima ativa formada pela protrombina, que atua convertendo o fibrinogênio em fibrina.

Trombo Coágulo formado em um vaso sangüíneo íntegro, freqüentemente uma veia.

Trombose A formação de um coágulo em um vaso sangüíneo íntegro, freqüentemente uma veia.

Trombose venosa profunda (TVP) A presença de um trombo em uma veia, freqüentemente uma veia profunda dos membros inferiores.

Tronco do encéfalo A porção do encéfalo imediatamente superior à medula espi-

ficar possíveis defeitos genéticos pré-natais.

Virilha A depressão entre a coxa e o tronco, região inguinal.

Visceral Referente aos órgãos ou revestimento de um órgão.

Visceral, efetor Músculo cardíaco, músculo liso e epitélio glandular.

Visceral, músculo Órgão especializado na contração, composto de fibras (células) de músculo liso, localizado nas paredes de estruturas internas ocas e estimulado por neurônios eferentes viscerais.

Vísceras Os órgãos dentro da cavidade ventral do corpo.

Vitamina Molécula orgânica necessária em quantidades mínimas, que atua como catalisador nos processos metabólicos normais do corpo.

Vitiligo Manchas brancas na pele devido à perda parcial ou completa de melanócitos.

Volkmann, canal de Ver Perfurante, canal.

Volume sistólico O volume de sangue ejetado por cada ventrículo em uma sístole; cerca de 70 ml.

Vômito Expulsão forçada do conteúdo da parte superior do trato gastrintestinal através da boca.

Vulva Designação coletiva dos órgãos genitais externos da mulher. Corretamente denominado ***pudendo feminino***.

Zigoto Célula única, resultante da união de um gameta masculino e um feminino; o ovo fertilizado.

Zimogênica, célula Uma das células de uma glândula gástrica, que secreta a principal enzima precursora gástrica, o pepsinogênio. Também denominada ***célula principal***.

Zona pelúcida Camada clara de glicoproteínas entre o oócito primário e as células da granulosa.

Glossário de Raízes, Prefixos e Sufixos

Muitos termos médicos são palavras "compostas", ou seja, são formados por uma ou mais raízes de palavras, ou formas combinadas de raízes de palavras com prefixos ou sufixos. Por exemplo, *leucócito* (*leukocyte*) (célula sangüínea branca) é a combinação de *leuko*, a forma combinada para a raiz da palavra que significa "branco", e *cyt*, a raiz da palavra que significa "célula". Aprender os significados médicos das principais raízes de palavras o habilitará a analisar muitos termos complexos. A lista a seguir inclui as formas combinadas mais comumente usadas, bem como raízes de palavras, prefixos e sufixos empregados na formação de termos médicos, com exemplos para cada um deles.

Combinando Formas e Raízes

Acou-, Acu- (audição) Acústica, a ciência dos sons ou audição.

Acr-, Acro- (extremidade) Acromegalia, hiperplasia do nariz, mandíbula, dedos das mãos e dos pés.

Aden-, Adeno- (glândula) Adenoma, um tumor de estrutura semelhante a glândula.

Alg-, Algia- (dor) Neuralgia, dor ao longo de um nervo.

Angi- (vaso) Angiocardiografia, raio X do coração e grandes vasos sangüíneos após injeção intravenosa de fluido radiopaco.

Arthr-, Arthro- (articulação) Artropatia, doença em articulação.

Aut-, Auto- (a si mesmo, próprio) Autólise, destruição de células do corpo por suas próprias enzimas após a morte.

Bio- (vivo, vida) Biópsia, exame de tecido removido de um organismo vivo.

Blast- (germe, broto) Blastócito, uma célula embrionária ou indiferenciada.

Blephar- (pálpebra) Blefarite, inflamação das pálpebras.

Brachi- (braço) Braquial, músculo que flexiona o antebraço.

Bronch- (brônquio) Broncoscopia, exame visual direto dos brônquios.

Bucc- (boca) Bucocervical, relativo à região da boca e do pescoço.

Capit- (cabeça) Decapitar, remover a cabeça.

Carcin- (câncer) Carcinogênico, que causa câncer.

Cardi-, Cardio-, Cardia- (coração) Cardiograma, registro da força e forma dos movimentos cardíacos.

Cephal- (cabeça) Hidrocefalia, aumento da cabeça devido a um acúmulo anormal de fluido.

Cerebro- (cérebro) Líquido cerebrospinal, fluido contido dentro do crânio e do canal vertebral.

Cheil- (lábio) Queilose, ressecamento e descamação dos lábios.

Chole- (bile) Colecistograma, imagem de raio X da vesícula biliar.

Chondr-, Chondri-, Chondrio- (cartilagem) Condrócito, uma célula cartilaginosa.

Chrom-, Chromat-, Chromato- (cor) Hipercrômico, altamente colorido.

Cili- (cílios) Supercílios, sobrancelha (pêlos acima dos cílios palpebrais).

Cysti-, Cysto- (saco, bexiga) Cistoscópio, instrumento para exame interno da bexiga urinária.

Cyt-, Cyto-, Cyte- (célula) Citologia, o estudo das células.

Colpo- (vagina) Colpotomia, incisão na parede da vagina.

Cor-, Coron- (coração) Coronária, artéria que fornece sangue ao músculo cardíaco.

Cost- (costela) Costal, relativo às costelas.

Crani- (crânio) Craniotomia, abertura cirúrgica do crânio.

Cry- Cryo- (frio) Criocirurgia, procedimento cirúrgico utilizando uma sonda de nitrogênio líquido, extremamente frio.

Cut- (pele, cutis) Subcutâneo, abaixo da pele.

Dactyl-, Dactylo- (dígitos) (geralmente dedos das mãos, mas algumas vezes os dos pés) Polidactilia, dedos em número maior que o normal.

Derma-, Dermato- (pele) Dermatose, qualquer doença de pele.

Dura- (rígido) Dura-máter, membrana mais externa que reveste o encéfalo e a medula espinal.

Entero- (intestino) Enterite, inflamação do intestino.

Erythro- (vermelho) Eritrócito, célula sangüínea vermelha.

Galacto- (leite) Galactose, um açúcar do leite.

Gastr- (estômago) Gastrintestinal, relativo ao estômago e intestino.

Gloss-, Glosso- (língua) Hipoglosso, localizado em baixo da língua.

Gluco- (açúcar) Glucosúria (glicosúria), açúcar na urina.

Gravid- (grávida) gravidez, condição de estar grávida.

Gyn-, Gyne-, Gynec-, (feminino, mulher) Ginecologia, especialidade médica que lida com as doenças do sistema genital feminino.

Hem-, Hemat- (sangue) Hematoma, um inchaço ou tumor cheio de sangue.

Hepar- Hepato- (fígado) Hepatite, inflamação do fígado.

Hist-, Histio- (tecido) Histologia, o estudo dos tecidos.

Hydr- (água) Hidrocele, acúmulo de fluido em uma cavidade em forma de saco.

Hyster- (útero) Histerectomia, remoção cirúrgica do útero.

Ileo- (íleo) Valva ileocecal, pregas na abertura do íleo ao ceco.

Ilio- (ílio) iliossacral, relativo ao osso ilíaco e ao osso sacro.

Kines- (movimento) Cinesiologia, estudo do movimentos do corpo.

Labi- (lábio) Labial, relativo ao lábio.

Cirr- (amarelo) Cirrose, distúrbio do fígado que causa coloração amarela na pele.
Co- (Con-, Com- com, junto a) Congênito, existente por ocasião do nascimento.
Contra- (oposto a) Contracepção, a prevenção da concepção.
Crypt- (oculto, escondido) Criptorquidismo, testículos que não desceram ou que estão ocultos.
Cyano- (azul) Cianose, coloração azulada devido ao oxigênio inadequado.

De- (para baixo, a partir de) Decaimento, diminuição em relação ao normal.
Demi- (Hemi- metade) Hemiplegia, paralisia de uma metade do corpo.
Di- (Diplo- dois) Diplóide, com o dobro do número haplóide de cromossomos.
Dis- (separação, distância entre) Desarticular, separar as partes de uma articulação.
Dys- (doloroso, difícil) Dispnéia, dificuldade de respirar.

E-, Ec-, Ex- (para, para fora) Excentricidade, desvio ou afastamento do centro.
Ecto-, Exo- (fora de) Ectópica, gravidez fora da cavidade do útero.
Em-, En- (dentro de, em) Empiema, pus dentro de uma cavidade do corpo.
End-, Endo- (dentro de) Endocárdio, membrana que reveste a superfície interna do coração.
Epi- (sobre, acima de) Epiderme, camada mais externa da pele.
Eu- (bem) Eupnéia, respiração normal.
Ex-, (Exo- fora, longe de) Exócrina, excretando para fora ou para longe.
Extra- (fora, além de) Extracelular, fora da célula.

Gen- (originar, produzir, formar) Genética, o estudo da hereditariedade.
Gingiv- (gengiva, referente à gengiva) Gengivite, inflamação da gengiva.

Hemi- (a metade) Hemiface, a metade da face.
Heter-, Hetero- (outro, diferente) Heterogêneo, composto de substâncias diferentes.

Homeo- (Homo- sem alteração, o mesmo, constante) Homeostase, estado de equilíbrio.
Hyper- (além de, excessivo) Hiperglicemia, quantidade excessiva de glicose no sangue.
Hypo- (abaixo de, deficiente) Hipoderme, abaixo da derme.

Idio- (si próprio, separado) Idiopática, uma doença sem causa reconhecida.
In- (Im- dentro de, não) Incontinente, incapaz de reter urina ou fezes.
Infra- (abaixo de, sob) Infra-orbital, sob a órbita.
Inter - (entre) Intercostal, entre as costelas.
Intra- (dentro) Intracelular, dentro da célula.
Iso- (igual) Isotônica, com igual tensão ou tônus.

Later- (lado) Lateral, referente a um lado ou longe da linha mediana do corpo.
Lepto- (pequeno, delgado) Leptodérmico, com pele fina.

Macro- (grande) Macrófago, grande célula fagocítica.
Mal- (anormal, deficiente) Malnutrição, falta de alimento necessário.
Medi-, Meso- (meio) Medial, junto à linha mediana do corpo.
Mega-, Megalo- (grande, gigante) Megacariócito, célula gigante da medula óssea.
Melan- (negro) Melanina, pigmento negro ou marrom escuro encontrado na pele e pêlos.
Meta- (após, além de) Metacarpo, a parte das mãos entre o punho e os dedos.
Micro- (pequeno) Micrótomo, instrumento para preparar cortes muito finos de tecido para o exame microscópico.
Mono- (um) Monorquidismo, ter somente um testículo.

Neo- (novo) Neonatal, referente às primeiras semanas após o parto.
Noct (i)- (noite) Noctúria, micção involuntária que ocorre à noite, durante o sono.
Null (i)- (nenhum) Nulípara, mulher sem filhos.
Nyct- (noite) Nictalopia, cegueira noturna.

Oligo- (pequeno, deficiente) Oligúria, quantidade de urina anormalmente pequena.
Ortho- (reto, normal) Ortopnéia, incapacidade de respirar em qualquer posição exceto quando reto ou ereto.

Pan- (todo) Pancardite, inflamação de todo o coração.
Para- (junto a, além de, à parte de) Paranasal, junto ao nariz.
Per- (através) Percutâneo, através da pele.
Peri- (em torno de) Pericárdio, membrana ou saco em torno do coração.
Poly- (muito) Policitemia, um excesso de hemácias.
Post- (depois de, além de) Pós-natal, depois do parto.
Pre-, (Pro- antes de, em frente de) Pré-natal, antes do parto.
Prim - (primeiro) Primário, o primeiro em ordem cronológica ou espacial.
Proto- (primeiro) Protocolo, relato clínico feito com as primeiras anotações coletadas.
Pseud-, (Pseudo- falso) Pseudo-angina, falsa angina.

Retro- (para trás, localizado atrás de) Retroperitoneal, localizado atrás do peritônio.

Schizo- (dividir, partir) Esquizofrenia, transtorno mental com divisão da personalidade.
Semi- (a metade) Canais semicirculares, canais com o formato de meia-lua, na orelha.
Sub- (abaixo de) Submucosa, camada de tecido abaixo de uma túnica mucosa.
Super- (além de, acima de) Superficial, confinado à superfície.
Supra- (acima de) Supra-renal, glândula acima do rim (adrenal).
Sym-, Syn- (com, junto a) Síndrome, todos os sintomas de uma doença considerados como um todo.

Tachy- (rápido) Taquicardia, freqüência cardíaca em repouso anormalmente rápida.
Terat (o)- (feto malformado) Teratógeno, um agente que causa o desenvolvimento de um feto malformado.
Tetra- (Quadra- quatro) Tétrade, grupo de quatro com alguma coisa em comum.
Trans- (através, além de) Transudato, líquido que vaza através de uma membrana ou superfície de tecido.
Tri- (três) Trígono, um espaço triangular, como no fundo da bexiga urinária.

Sufixos

-able (capaz de) Viável, capaz de viver.
-ac, -al (referente a) Cardíaco, referente ao coração.
-algia (condição dolorosa) Mialgia, dor em um músculo.
-an, ian (referente a) Circadiano, referente a um ciclo diário (24 horas).
-ary (conectado com) Ciliar, lembrando uma estrutura em forma de pêlo.
-Asis, -asia, -esis,-osis (condição ou estado de) Hemostasia, cessação do sangramento.
-asthenia (fraqueza) Miastenia, fraqueza dos músculos esqueléticos.
-ation (processo, ação, condição) Inspiração, processo de trazer ar para dentro dos pulmões.

-cel, -cele (edema, um espaço ou cavidade aumentado) Meningocele, aumento das meninges.

CORPO HUMANO

GERARD J. TORTORA

Com um projeto gráfico diferenciado, utilizando um texto didático e amplamente ilustrado, Corpo Humano, 4ª edição, irá proporcionar aos estudantes dos cursos de anatomia e fisiologia humanas uma compreensão básica da estrutura e das funções do corpo humano.

Esta edição tem os seguintes diferenciais:

- novas ilustrações, que visam a ampliar os conceitos anatômicos e fisiológicos abordados;
- conceitos-chave, ou seja, afirmações concisas incorporadas à maioria das ilustrações, objetivando captar a essência de um conceito discutido no texto e ampliado nas ilustrações;
- visão geral das funções, que justapõe os componentes anatômicos e uma visão geral breve das funções de cada sistema do corpo;
- insertos de orientação, para que o leitor possa relacionar com maior facilidade os planos às secções resultantes, quando uma parte do corpo é cortada;
- correlação entre processos seqüenciais, permitindo ao leitor conectar mais rapidamente as descrições textuais e as ilustrações em estudo;
- maior ênfase ao pensamento crítico, por meio de problemas que estimulam os estudantes a pensarem sobre o assunto e a aplicarem os conceitos estudados;
- objetivos de aprendizado, ou seja, quais os objetivos a serem atingidos em cada capítulo;
- uma sinopse na abertura dos capítulos para facilitar a localização dos assuntos.

Visite nosso Web site:
www.artmed.com.br

ISBN 85-7307-675-5
9 788573 076752

Figura 2.2 Estruturas atômicas de alguns exemplos de átomos, que têm papéis importantes no corpo humano.

Quando os átomos participam de reações químicas, eles perdem, ganham ou compartilham elétrons na sua camada eletrônica mais externa.

Primeira camada eletrônica

$1p^+$

Hidrogênio (H)
Número atômico = 1
Número de massa = **1**

Segunda camada eletrônica

$6p^+$ $6n^0$

Carbono (C)
Número atômico = 6
Número de massa = **12**

$7p^+$ $7n^0$

Nitrogênio (N)
Número atômico = 7
Número de massa = **14**

$8p^+$ $8n^0$

Oxigênio (O)
Número atômico = 8
Número de massa = **16**

Terceira camada eletrônica

$11p^+$ $11n^0$

Sódio (Na)
Número atômico = 11
Número de massa = **23**

$17p^+$ $18n^0$

Cloro (Cl)
Número atômico = 17
Número de massa = **35**

Quarta camada eletrônica

$19p^+$ $20n^0$

Potássio (K)
Número atômico = 19
Número de massa = **39**

Número atômico = número de prótons em um átomo
Número de massa = número de prótons e nêutrons em um átomo (o negrito indica a forma mais comum)

Qual destes elementos é inerte?

Os átomos com camadas eletrônicas mais externas incompletas, como o sódio e o cloro, tendem a combinar-se com outros átomos em uma reação química. Durante a reação, os átomos podem permutar elétrons ou compartilhá-los, de modo que suas camadas eletrônicas externas sejam preenchidas.

Quando dois ou mais átomos se combinam em uma reação química, o resultado é uma ***molécula***. Uma molécula pode conter dois átomos do mesmo tipo, como no caso da molécula de hidrogênio: H_2. O número 2, subescrito, indica a existência de dois átomos de hidrogênio na molécula. As moléculas podem também conter dois ou mais diferentes tipos de átomos, como na molécula do ácido clorídrico: HCl. Aqui, um átomo de hidrogênio é ligado a um átomo de cloro.

Um ***composto*** é uma substância química composta de dois ou mais elementos *diferentes*. Os compostos podem ser desdobrados em seus elementos químicos constituintes por meio de métodos químicos. Enquanto o ácido clorídrico (HCl) é um composto, uma molécula de hidrogênio (H_2) não o é. Os átomos, nas moléculas e nos compostos, são mantidos unidos por forças de atração elétrica chamadas de ***ligações químicas***.

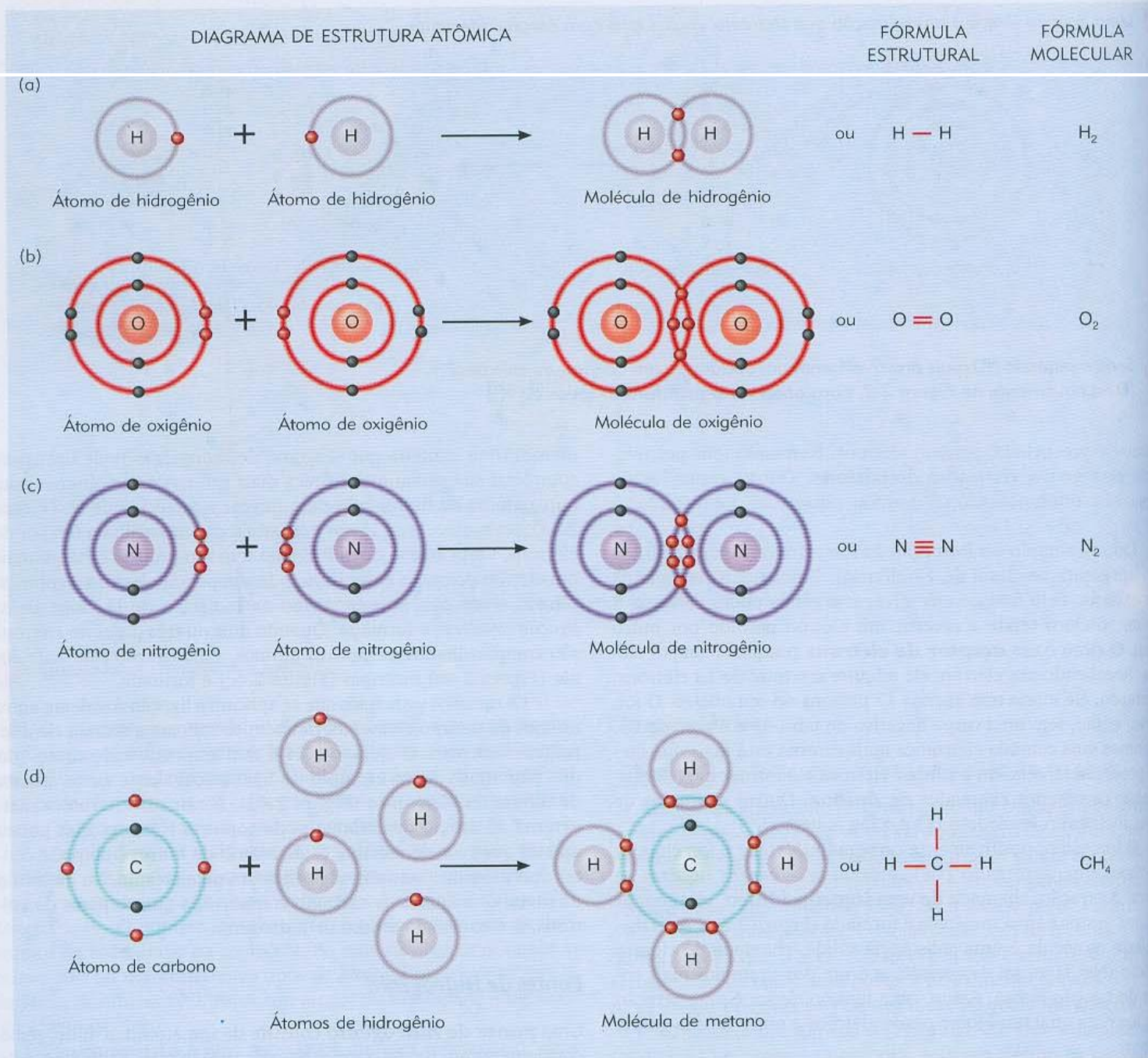
Ligações Iônicas

Objetivo: *Explicar como se formam as ligações químicas.*

Os átomos são eletricamente neutros, porque o número de prótons positivamente carregados, se iguala ao número de elétrons, negativamente carregados. Mas quando um átomo ganha ou perde elétrons, este equilíbrio é perturbado. Se o átomo ganha elétrons, ele adquire uma carga total negativa. Se o átomo perde elétrons, ele adquire carga total positiva. Uma partícula com uma carga negativa ou positiva é chamada de um ***íon***. Um íon é sempre simbolizado escrevendo-se a abreviação química do elemento seguida do número de cargas positivas (+) ou negativas (-) que o íon adquire.

Considere um íon sódio (Figura 2.3a). Um átomo de sódio (Na) tem 11 prótons e 11 elétrons, com um elétron na sua camada eletrônica mais externa. Quando o sódio cede o único elétron de sua camada externa, ele fica com 11 prótons e somente 10 elétrons. Ele é considerado um ***doador de elétrons***, porque ele cede elétrons. O átomo agora possui uma carga total positiva, de um (+1) e é denominado um íon sódio (Na^+). Em geral, os átomos que apresentam uma camada eletrônica externa com menos

Figura 2.4 Formação da ligação covalente. À direita estão as formas simples de representação destas moléculas. Nas fórmulas estruturais, cada ligação covalente é representada por uma linha reta entre os símbolos de dois átomos. Nas fórmulas moleculares, o número de átomos em cada molécula fica subscrito.

Em uma ligação covalente, dois átomos compartilham um, dois ou três pares de elétrons de valência.

Qual a principal diferença entre uma ligação iônica e uma ligação covalente?

entre moléculas de água e em moléculas grandes e complexas como proteínas e ácidos nucleicos (veja a Figura 2.11). Deve-se observar que, mesmo sendo as pontes de hidrogênio individuais ligações relativamente fracas, as moléculas grandes podem conter várias centenas destas ligações, que resultam em força e estabilidade consideráveis.

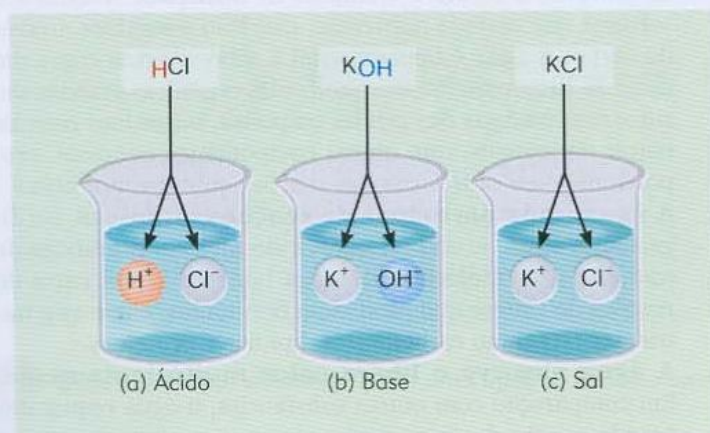
4. **A água requer uma grande quantidade de calor para se transformar de um líquido em um gás.** Quando a água se evapora da pele (transpiração), ela leva consigo uma grande quantidade de calor, sendo isto um excelente mecanismo para o resfriamento corporal.
5. **A água serve como um lubrificante.** É o componente preponderante da saliva, dos mucos e outros fluidos lubrificantes. A lubrificação é especialmente necessária no torax e no abdome, onde os órgãos internos se tocam e deslizam uns sobre os outros, e nas articulações, onde os ossos, os ligamentos e os tendões se atritam uns sobre os outros.

Ácidos, Bases e Sais Inorgânicos

Quando moléculas de ácidos, bases ou sais inorgânicos se dissolvem na água das células do corpo, elas sofrem ***ionização*** ou ***dissociação***, isto é, elas se dissociam em íons. Um ***ácido*** é ionizado em um ou mais *íons hidrogênio* (H^+) e em um ou mais ânions (íons negativos). Uma ***base***, em contraste, ioniza-se em um ou mais íons hidróxido (OH^-) e um ou mais cátions (íons positivos). Um ***sal***, quando dissolvido em água, ioniza-se em cátions e ânions, nenhum dos quais é H^+ ou OH^- (Figura 2.5). Ácidos e bases reagem entre si para formar sais. Por exemplo, a combinação de ácido clorídrico (HCl), um ácido e hidróxido de potássio (KOH), uma base, produz cloreto de potássio (FCl), um sal e água (H_2O). Esta reação ocorre como se segue:

$$\underset{\text{Ácido}}{HCl} + \underset{\text{Base}}{KOH} \longrightarrow \underset{\text{Sal}}{KCl} + \underset{\text{Água}}{H_2O}$$

Figura 2.5 Ácidos, bases e sais. (a) Quando colocados em água, o ácido clorídrico (HCl) ioniza-se em H^+ e Cl^-. (b) Quando a base hidróxido de potássio (KOH) é colocada em água, ela se ioniza em OH^- e K^+. (c) Quando o sal cloreto de potássio (KCl) é colocado em água, ele se ioniza em íons positivo (K^+) e negativo (Cl^-), nenhum dos quais é H^+ ou OH^-.

Ionização é a reparação de ácidos, bases e sais inorgânicos em íons dentro de uma solução.

P *O componente $CaCo_3$ (carbonato de cálcio) ioniza-se em um íon cálcio (Ca^{2+}) e um íon carbonato (CO_3^{2-}). É ele um ácido, uma base ou sal? E o H_2SO_4, que se ioniza em $2H^+$ e um SO_4^{2-}?*

Equilíbrio Ácido-básico: O Conceito de pH

Objetivo: *Definir pH e explicar como o corpo tenta manter o pH dentro dos limites de homeostase.*

Como os ácidos se ionizam em íons hidrogênio (H^+) e as bases em íons hidróxido (OH^-), conclui-se que quanto mais íons hidrogênio em uma solução, mais ácida ela é. Alternativamente, quanto mais íons hidróxido em uma solução, mais básica (alcalina) ela é. O termo **pH** é usado para descrever o grau de ***acidez*** ou ***alcalinidade (basicidade)*** de uma solução.

A acidez ou a alcalinidade de uma solução é expressa em uma ***escala de pH*** que vai de 0 a 14 (Figura 2.6). A escala de pH é baseada no número de H^+ em uma solução (expressa em certas unidades químicas chamadas de moles por litro). Uma solução com valor 0 na escala de pH tem muitos H^+ e poucos OH^-. Uma solução com pH 14, em contraste, tem muitos OH^- e poucos H^+. O ponto central é 7, onde as concentrações de H^+ e OH^- são iguais. Uma solução com pH 7, por exemplo, a água pura, é neutra. Uma solução com mais H^+ que OH^-, é ***ácida*** e tem pH abaixo de 7. Uma solução com mais OH^-, é ***básica (alcalina)*** e tem um pH acima de 7. Uma mudança de uma unidade inteira na escala de

Figura 2.6 Escala de pH. Em pH 7 (neutralidade), as concentrações de H^+ e OH^- são iguais. Um valor de pH abaixo de 7 indica uma solução ácida. Um valor de pH acima de 7 indica uma solução alcalina (básica). Uma mudança de uma unidade na escala de pH representa uma mudança de 10 vezes da concentração anterior.

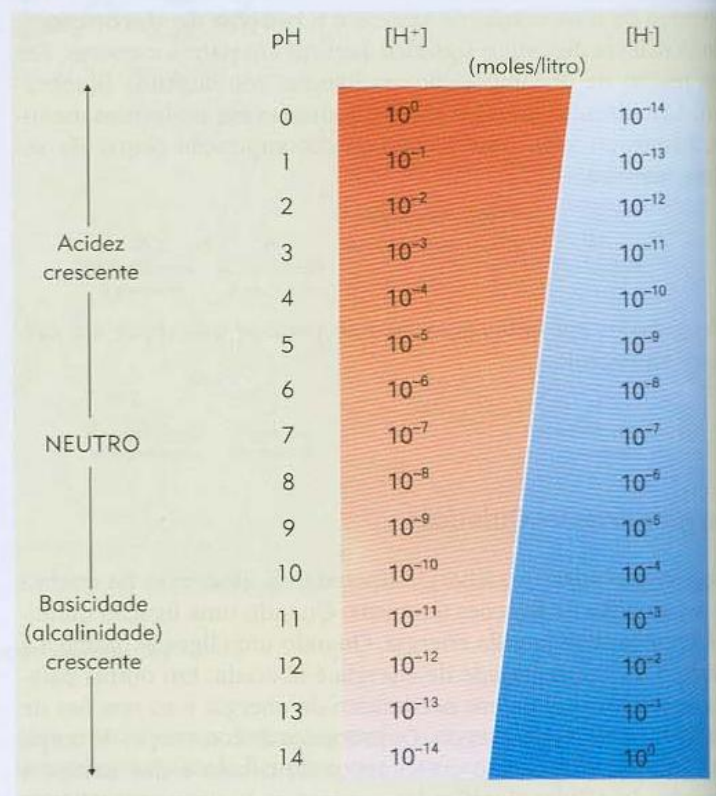
Em pH 7 (neutralidade), as concentrações de H^+ e OH^- são iguais.

P *Que pH é mais ácido: 6,82 ou 6,91? Que pH é mais próximo da neutralidade: 8,42 ou 5,59?*

Figura 2.7 Síntese por desidratação e hidrólise de uma molécula de sacarose. Na reação de síntese por desidratação (leia da esquerda para a direita), as duas moléculas menores, glicose e frutose, são unidas para formar uma molécula maior de sacarose. Observe a perda de uma molécula de água. Na hidrólise (leia da direita para a esquerda), a molécula de sacarose é desdobrada em duas moléculas menores, a glicose e a frutose. Aqui, uma molécula de água é adicionada à sacarose para que a reação ocorra.

Os monossacarídeos são as estruturas fundamentais dos carboidratos.

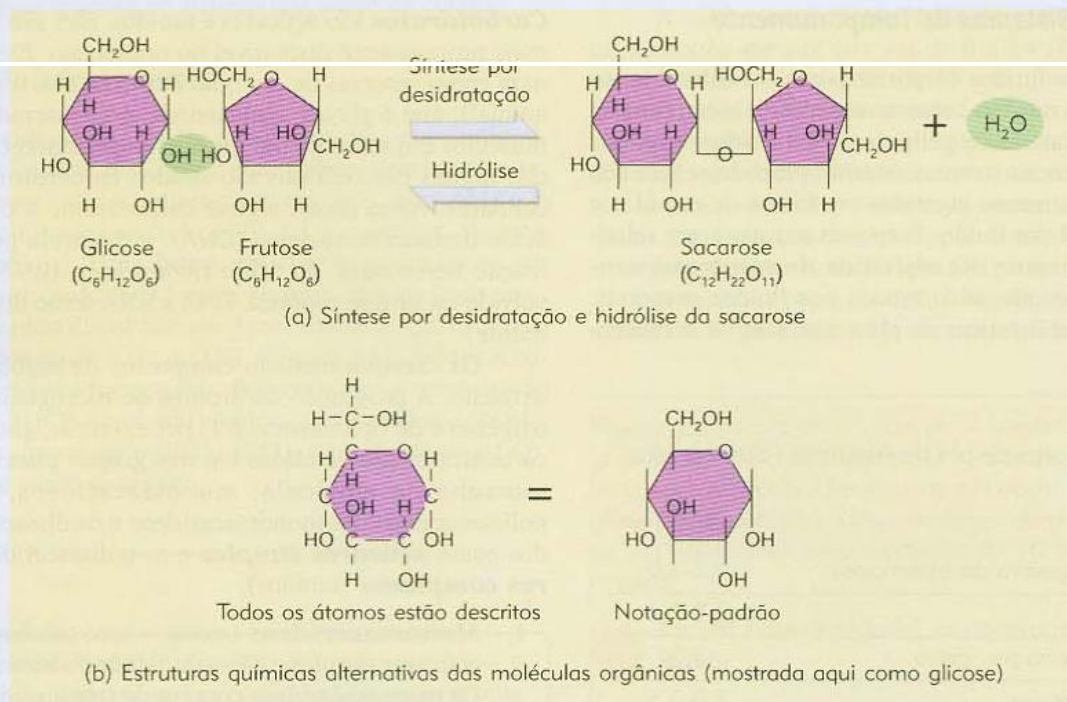
Síntese por desidratação

Hidrólise

Glicose ($C_6H_{12}O_6$) + Frutose ($C_6H_{12}O_6$) ⇌ Sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$) + H_2O

(a) Síntese por desidratação e hidrólise da sacarose

Todos os átomos estão descritos = Notação-padrão

(b) Estruturas químicas alternativas das moléculas orgânicas (mostrada aqui como glicose)

P *Quantos átomos de carbono se pode contar na molécula da frutose? E na da sacarose?*

Lipídios

Como os carboidratos, os **lipídios** (*lipose* = gordura) também são compostos de carbono, hidrogênio e oxigênio, mas estes não apresentam uma proporção de 2:1 de hidrogênio para oxigênio. Há menos oxigênio nos lipídios que nos carboidratos. A maioria dos lipídios não se dissolve em água, mas se dissolve prontamente em solventes como clorofórmio e éter. Funcionalmente, os lipídios, tais como os triglicerídeos (gorduras), protegem, isolam e servem como uma fonte energética. Os triglicerídeos representam a fonte de energia mais concentrada do organismo. Eles fornecem mais que o dobro de energia por peso que os carboidratos ou as proteínas.

Entretanto, os triglicerídeos são menos eficientes como combustíveis corporais que os carboidratos, porque eles são mais difíceis de serem decompostos. Outros lipídios, como os fosfolipídios, constituem parte da membrana plasmática. Ainda outros lipídios são componentes dos sais biliares, dos hormônios, de algumas vitaminas e do colesterol, que também faz parte da membrana plasmática e é usado para produzir certos hormônios sexuais. Entre as classes de lipídios estão os triglicerídeos (gorduras e óleos), os fosfolipídios (lipídios que contêm fósforo), os estereóides (tais como colesterol, vitamina D e hormônios sexuais como estrógenos e testosterona), os carotenos (substâncias químicas usadas para fazer vitamina A, que é necessária para uma visão apropriada), as vitaminas E e K e os eicosanóides. Esta última classe de lipídios inclui as prostaglandinas, que contribuem para inflamação, regulam a temperatura corporal e ajudam na formação de coágulos sangüíneos; e os leucotrienos, que participam nas reações alérgicas e inflamatórias. Devido ao fato de os lipídios serem um grupo grande e diverso de compostos, discutiremos apenas triglicerídeos em detalhes neste momento.

Uma molécula de ***triglicerídeo*** consiste de duas unidades básicas: ***glicerol*** e ***ácidos graxos*** (Figura 2.8a, b). Uma molécula única de triglicerídeos é formada quando uma molécula de glicerol combina-se com três moléculas de ácidos graxos. Esta reação, como a descrita para a formação de dissacarídeos, é uma reação de síntese por desidratação. Durante a digestão, uma molécula única de triglicerídeo é desdobrada (hidrolisada) em ácidos graxos e glicerol.

Devido à sua relação com as doenças cardiovasculares, triglicerídeos são muito importantes no nosso dia-a-dia. Neste momento, torna-se importante comparar três tipos de triglicerídeos da dieta e como eles se relacionam ao colesterol.

Uma ***gordura saturada*** é aquela na qual todos os átomos de carbono estão ligados ao número máximo de hidrogênios

diferente para cada um dos 20 diferentes aminoácidos (Figura 2.9a). Na formação das proteínas, os aminoácidos combinam-se para formar moléculas mais complexas; as ligações covalentes formadas entre aminoácidos são chamadas de ***ligações peptídicas*** (Figura 2.9b).

Quando dois aminoácidos combinam-se, forma-se um ***dipeptídeo*** (Figura 2.9b). Adicionando-se outro aminoácido a um dipeptídeo, produz-se um ***tripeptídeo***. Outras adições de aminoácidos resultam na formação de ***peptídeos*** (4-10 aminoácidos) ou ***polipeptídeos*** (10-2.000 ou mais aminoácidos). Todos têm a mesma composição básica, mas cada um também tem átomos adicionais arranjados de maneira específica. Já que cada variação no número ou na seqüência de aminoácidos produz uma proteína diferente, uma grande variedade de proteínas é possível. A situação é semelhante à utilização de um alfabeto de 20 letras para formar palavras. Cada letra seria equivalente a um aminoácido, e cada palavra seria uma proteína diferente.

Se uma proteína encontra um ambiente hostil, no qual a temperatura, o pH ou a concentração de eletrólitos esteja alterado, ela pode desenrolar-se e perder sua forma característica. Este processo chama-se ***desnaturação***. As proteínas desnaturadas não são funcionais. Um exemplo comum de desnaturação é visto na fritura de um ovo. No ovo cru, a proteína (albumina) é solúvel e a clara é um fluido transparente e viscoso. Quando é aplicado calor ao ovo, a proteína altera sua forma, torna-se insolúvel e adquire uma cor branca.

Enzimas

Como já foi visto, as reações químicas ocorrem quando ligações químicas são formadas ou rompidas, quando átomos, íons ou moléculas colidem entre si. A temperatura e a pressão corporais normais são muito baixas para que as reações químicas ocorram com rapidez suficiente para a manutenção da vida. As ***enzimas*** são a solução que a célula viva tem para este problema. Elas aceleram as reações químicas, aumentando a freqüência das colisões e orientando apropriadamente as moléculas que colidem. E fazem isto sem aumentar a temperatura ou a pressão – em outras palavras, sem romper ou matar a célula. As substâncias que podem acelerar reações químicas pelo aumento da freqüência de colisões, *sem alterar-se no processo*, são chamadas de ***catalisadores***. Em uma célula viva, as enzimas funcionam como catalisadores.

As enzimas catalisam certas reações com grande especificidade, eficiência e controle.

1. **Especificidade**. As enzimas são catalisadores altamente específicos. Cada enzima em particular afeta apenas ***substratos*** (moléculas sobre as quais as enzimas atuam) específicos. Em alguns casos, uma parte da enzima, chamada de ***sítio ativo***, "encaixa" no substrato como uma chave em uma fechadura (veja Figura 2.10). Em outros casos, o sítio ativo modifica sua forma para encaixar perfeitamente em torno do substrato, uma vez que ambos entrem em contato.

Figura 2.9 Os aminoácidos e a formação de ligações peptídicas. (a) Conforme seu nome, os aminoácidos possuem um grupo amino e um grupo carboxil (ácido). A cadeia lateral (grupo R) é diferente em cada aminoácido. (b) Quando dois ou mais aminoácidos são unidos quimicamente, a ligação covalente resultante entre eles é chamada de ligação peptídica. Neste diagrama, os aminoácidos glicina e alanina unem-se para formar o dipeptídeo glicilalanina. A ligação peptídica é formada no ponto onde se perde água.

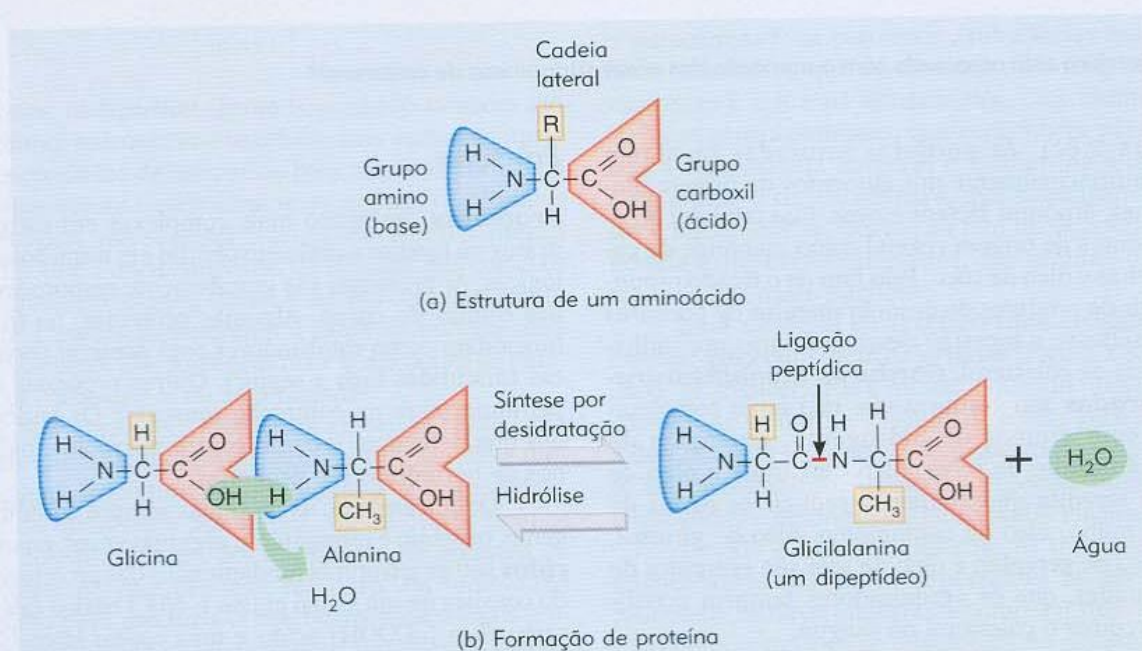
 Os aminoácidos são as estruturas fundamentais das proteínas.

P ***Que tipo de reação química está envolvida no catabolismo proteico?***

Figura 2.11 Molécula de DNA.

Os nucleotídeos são as estruturas fundamentais dos ácidos nucleicos.

Grupo fosfato

Desoxirribose (açúcar)

Timina (T)

Adenina (A)

Citosina (C)

Guanina (G)

(a) Componentes dos nucleotídeos

Chave

A Adenina

G Guanina

T Timina

C Citosina

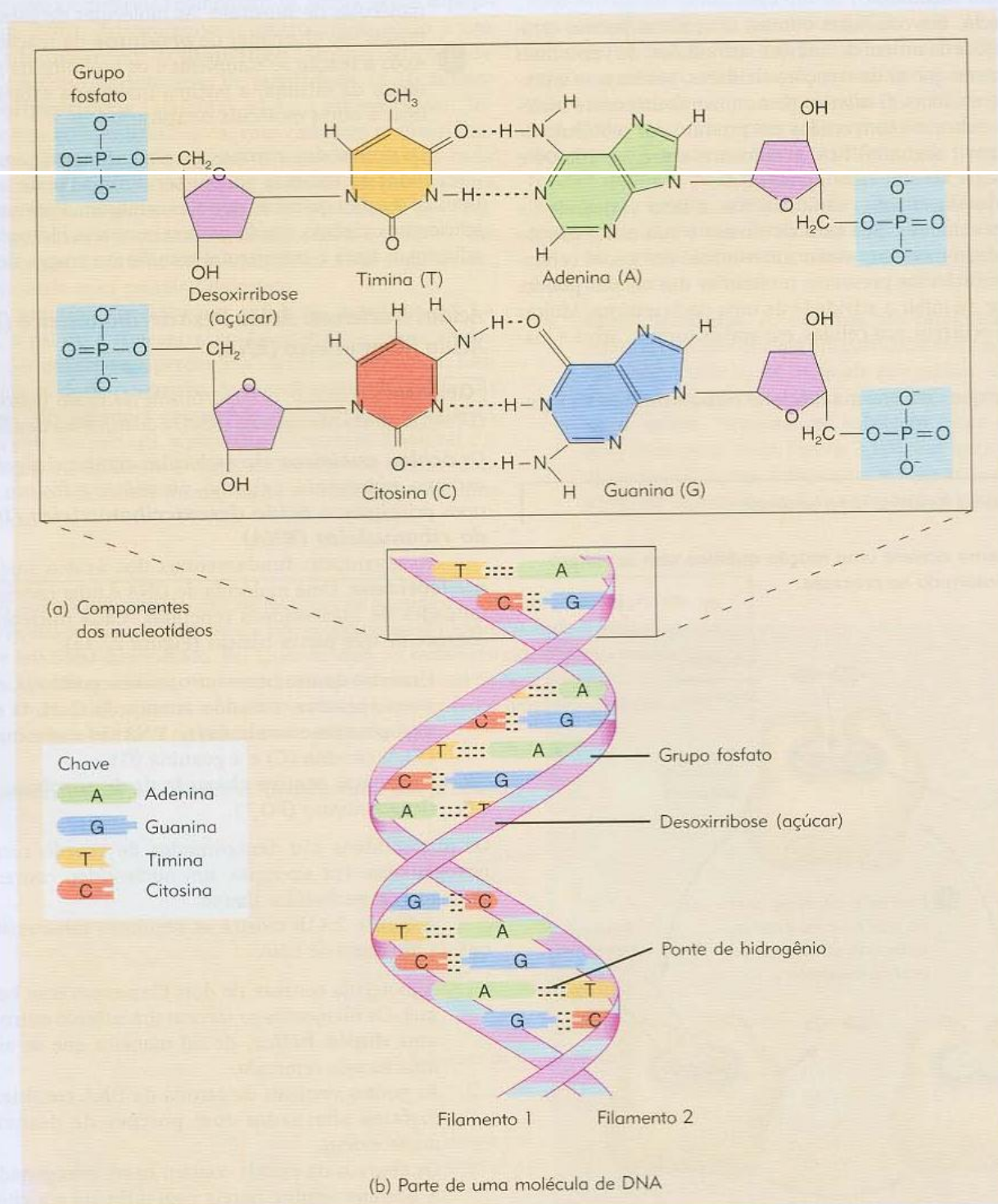
Grupo fosfato

Desoxirribose (açúcar)

Ponte de hidrogênio

Filamento 1

Filamento 2

(b) Parte de uma molécula de DNA

Que base nitrogenada não está presente no RNA?

Os seres humanos possuem aproximadamente 100.000 genes funcionais que controlam a produção das proteínas corporais (Capítulo 3). Os genes determinam quais características herdamos, e controlam todas as atividades celulares durante ao longo da vida.

O RNA, o outro tipo de ácido nucleico, é diferente do DNA em vários aspectos. O RNA é uma molécula em fita simples; o DNA é uma dupla-fita. O açúcar dos nucleotídeos de RNA é a ribose. E o RNA não contém a base nitrogenada timina. Ao invés da timina, o

foco no bem-estar

Fazer Exercícios para Queimar Gordura: Seria só Fantasia?

Um dos tópicos mais interessantes da química, para muitas pessoas, é o do metabolismo das gorduras. Elas anseiam responder à questão milionária: como se pode facilitar a perda de gorduras? A maioria dos leitores sabe que o exercício é um componente essencial de qualquer programa de controle de peso. Mas, que tipos de exercícios seriam os mais apropriados?

O ABC da Mobilização de Combustíveis

Você aprenderá sobre como seu corpo produz energia no Capítulo 20. Para que entenda o que faz seu corpo decidir pela queima de gordura, você precisa, por enquanto, apenas compreender uns poucos conceitos simples. Para que libere energia, seu corpo cataboliza certas moléculas, que são armazenadas de forma específica para fornecer energia quando necessário. As duas fontes primárias de energia disponíveis no corpo são os carboidratos (na forma de glicogênio, armazenado no fígado e nos músculos esqueléticos) e as gorduras (principalmente os triglicerídeos armazenados no tecido adiposo).

Como seu corpo decide qual usar durante o exercício? A utilização de combustíveis é regulada pela interação de muitos fatores. Um deles é a intensidade dos exercícios. Durante os exercícios de alta intensidade, seu corpo preferirá metabolizar carboidratos, porque seu metabolismo é mais eficiente e produz mais energia por unidade de oxigênio (O_2).

Esta preferência por carboidratos durante exercícios de alta intensidade faz sentido, intuitivamente, quando se considera a estrutura molecular dos carboidratos e dos lipídios. Lembre-se das aulas de biologia do ensino médio, quando você aprendeu que os animais utilizam oxigênio e alimentos (alguma mistura contendo carbono, hidrogênio, oxigênio e, em alguns casos, nitrogênio) para produzir energia, e que, no processo, produz-se dióxido de carbono (CO_2) e água (H_2O). Devido ao fato de os lipídios possuírem menos oxigênio que os carboidratos, mais oxigênio é requerido para levar os lipídios até o estágio de produção de CO_2 e H_2O, o que demanda mais "esforço" do ponto de vista das rotas metabólicas envolvidas.

Exercícios de Baixa Intensidade Significam Alta Perda de Gordura?

A porcentagem de energia gasta na combustão de gorduras está diretamente relacionada à intensidade dos exercícios. Em exercícios de intensidade muito baixa, seu organismo se vale principalmente dos depósitos de gordura. Em exercícios de intensidade moderada, você utiliza alguma gordura e alguns carboidratos. Entretanto, os carboidratos são a única fonte de energia durante os exercícios de alta intensidade. Este fato levou algumas pessoas a concluírem que, para queimar gorduras, os exercícios de *baixa intensidade* são preferíveis.

Esta conclusão desorientou as pessoas, pois a porcentagem de calorias que é proveniente da gordura é apenas uma pequena parte do balanço energético. Estudos considerando os gastos calóricos equivalentes de indivívuos exercitando-se com diferentes intensidades, falharam em demonstrar qualquer diferença na perda de peso ou de gordura. Para perder peso, você deve queimar mais calorias que ingere. As calorias contam. Você queimará uma quantidade semelhante de calorias da gordura quando caminhar sem pressa ou rapidamente, mas o passo sem pressa queimará o dobro de calorias. Realmente, não importa se aquelas calorias provem do glicogênio ou da gordura. A utilização de glicogênio é excelente; após sua próxima refeição, as calorias irão repor os depósitos esgotados de carboidratos, antes de produzir mais gordura.

O Melhor Tipo de Exercício

Ambos exercícios, de alta e baixa intensidade, apresentam vantagens e desvantagens. Pessoas muito obesas, acharão os exercícios de baixa intensidade mais seguros e confortáveis, mesmo sabendo que levará um tempo maior para gastar uma determinada quantidade de calorias. As atividades físicas, mesmo que de baixa intensidade, ajudam a normalizar muitas disfunções metabólicas comumente presentes em pessoas obesas, tais como os problemas com a regulação de açúcar e colesterol sangüíneos. As pessoas com altos níveis de aptidão física podem beneficiar-se de exercícios de alta intensidade para queimar mais calorias em um menor período de tempo e adquirirem uma melhor aptidão física.

Pensamento Crítico

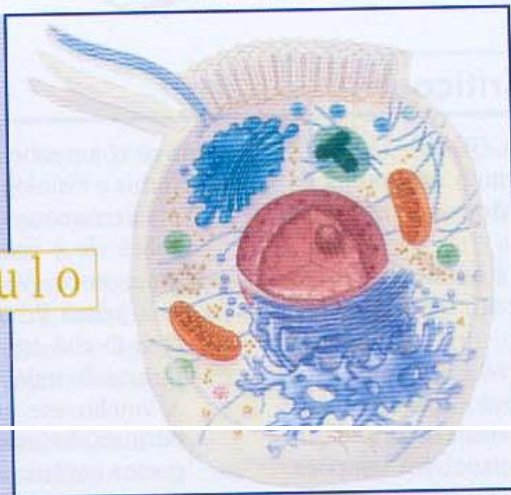
Você consegue imaginar por que os exercícios abdominais são ineficazes para a redução dos depósitos abdominais de gordura?

Um amigo lhe pergunta qual é a melhor maneira de perder peso corporal, se correr ou apenas caminhar. Como você responderia?

Auto-avaliação

1. Uma substância que se dissocia em água e forma H^+ e um ou mais ânions é chamada de
a. base b. sal c. tampão d. ácido e. base nitrogenada
2. As ligações iônicas são caracterizadas por
a. átomos compartilhando pares de elétrons b. sua habilidade de formar ligações fortes e estáveis c. átomos transferindo elétrons entre átomos d. serem o tipo de ligação formado na maior parte dos compostos orgânicos e. uma atração entre moléculas-água.
3. Os aminoácidos são as unidades estruturais básicas dos
a. carboidratos b. proteínas c. polissacarídeos complexos d. triglicerídeos e. ácidos nucleicos
4. O tipo de reação química pela qual um dissacarídeo é formado a partir de dois monossacarídeos é conhecido como uma
a. reação de decomposição b. síntese por desidratação c. hidrólise d. reação de troca e. dissociação
5. Se um átomo tem dois elétrons na sua segunda camada eletrônica e sua primeira camada eletrônica está completa, ele provavelmente vai
a. perder dois elétrons da sua segunda camada eletrônica b. perder os elétrons da sua primeira camada eletrônica c. perder todos os elétrons da sua primeira e segunda camadas eletrônicas d. ganhar seis elétrons na sua segunda camada eletrônica e. compartilhar dois elétrons na sua segunda camada eletrônica
6. Qual dos seguintes é um sal?
a. H_2O b. HCL c. NaOH d. NaCl e. CO_2
7. Qual solução é a mais básica (alcalina)?
a. pH 0 b. pH 4 c. pH 7 d. pH 10 e. pH 14
8. A concentração de H^+ é igual à de OH^- em
a. pH 0 b. pH 4 c. pH 7 d. pH 10 e. pH 14
9. O cloro (Cl) tem um número atômico de 17. Um átomo de cloro pode-se transformar em íon cloreto (Cl^-) por
a. perda de um elétron b. perda de um nêutron c. ganho de um próton d. ganho de um elétron e. ganho de dois elétrons
10. Um composto orgânico que consiste de C, H, O e que pode ser decomposto em glicerol e ácidos graxos é um
a. triglicerídeo b. ácido nucleico c. glicogênio d. carboidrato e. proteína
11. A matéria que não pode ser decomposta em substâncias mais simples por reações químicas é conhecida como
a. molécula b. ânion c. composto d. nêutron e. elemento químico
12. Qual das seguintes relações é incorreta?
a. reação de síntese – anabolismo b. reação de desidratação – reação de síntese c. hidrólise – anabolismo d. reação de decomposição – catabolismo e. reação de tamponamento – reação de troca
13. A diferença na concentração de H^+ entre soluções com pH 3 e pH 5 é que a solução com pH 3 tem ______ H^+
a. duas vezes mais b. duas vezes menos c. 10 vezes mais d. 100 vezes mais e. 100 vezes menos
14. Qual a principal molécula para armazenamento de energia no corpo?
a. DNA b. ATP c. ADP d. RNA e. proteína
15. Qual das seguintes afirmações sobre água é falsa?
a. Está envolvida em muitas reações químicas no corpo. b. É um solvente importante no corpo humano. c. Auxilia na lubrificação de uma variedade de estruturas do corpo. d. Pode absorver grandes quantidades de calor sem alterar sua temperatura. e. Requer muito pouco calor para transformar-se de líquido em gás.
16. Qual das seguintes afirmações NÃO é verdadeira sobre a atividade enzimática?
a. As enzimas formam um complexo temporário com seus substratos. b. As enzimas não são alteradas permanentemente pela reação química. c. A maioria das enzimas atua sobre uma grande variedade de substratos. d. As enzimas são consideradas catalisadores orgânicos. e. As enzimas estão sujeitas ao controle celular.
17. Para cada item na lista, coloque R se aplicado ao RNA e D se aplicado ao DNA; se for correto para ambos, use D/R.
______ a. composto de nucleotídeos
______ b. forma uma dupla-hélice
______ c. contém timina
______ d. contém o açúcar ribose
______ e. contém a base nitrogenada uracila
______ f. é o material hereditário da célula
______ g. contém o açúcar desoxirribose
______ h. fita simples
______ i. contém adenosina
______ j. contém grupos fosfato
18. Combine as colunas:

______	a. composto inorgânico	A. aminoácido
______	b. monossacarídeo	B. glicerol
______	c. unidade fundamental das proteínas	C. glicogênio
______	d. unidade fundamental do DNA	D. glicose
______	e. polissacarídeo	E. ácido nucleico
______	e. componente dos triglicerídeos	F. água

3 As Células

objetivos do aprendizado

1. Nomear as partes de uma célula generalizada. 39
2. Explicar a estrutura e as funções da membrana plasmática. 40
3. Descrever como as substâncias movem-se através das membranas plasmáticas. 41
4. Descrever a estrutura e as funções das organelas. 46
5. Definir um gene e explicar a seqüência de eventos envolvidos na síntese proteica. 50
6. Discutir os estágios, os eventos e o significado da divisão celular. 54
7. Descrever o câncer como um desequilíbrio homeostático celular. 55

uma visão geral

2. ***Citossol.*** O termo ***citoplasma*** refere-se a todo o conteúdo celular situado entre a membrana plasmática e o núcleo. A porção espessa, semifluida do citoplasma é chamada de ***citossol***.
3. ***Organelas***. São estruturas altamente organizadas com formatos característicos que são especializadas para atividades celulares específicas.

Membrana Plasmática (Celular)

Objetivo: *Explicar a estrutura e as funções da membrana plasmática.*

A estrutura extremamente fina que separa uma célula da outra e de seu meio externo é chamada de ***membrana plasmática (celular)***. Ela é como um porteiro que regula a passagem de substâncias para dentro e para fora das células.

Química e Estrutura

A membrana plasmática consiste principalmente de fosfolipídios (lipídios que contêm fósforo) e proteínas. Outras substâncias químicas presentes em menores quantidades incluem o colesterol (um lipídio), glicolipídios (combinação de carboidratos e lipídios) e glicoproteínas (combinação de açúcares e proteínas) (Figura 3.2).

As moléculas de fosfolipídios são arranjadas em duas camadas paralelas, formando uma ***bicamada fosfolipídica***. Existem dois tipos de proteínas de membrana: as ***proteínas integrais***, que penetram através da dupla camada fosfolipídica, e as ***proteínas periféricas***, que são frouxamente ligadas à superfície externa ou interna da membrana (Figura 3.2).

Algumas proteínas integrais formam ***canais*** que têm um ***poro*** (orifício), através do qual certas substâncias se movem para o interior e para o exterior das células. Outras atuam como ***transportadoras*** (carreadoras), e movem uma substância de um lado a outro da membrana. Algumas servem como sítios de reconhecimento, chamados de ***receptores***, que identificam e se ligam a moléculas específicas, tais como hormônios, nutrientes, anticorpos e outras substâncias químicas. Outras, ainda, funcionam como enzimas. As glicoproteínas e os glicolipídios de membrana são freqüentemente ***marcadores de identidade celular***, que permitem à célula reconhecer outras células semelhantes, ou reconhecer e responder a células estranhas potencialmente perigosas.

Funções

A seguir são descritas as funções da membrana plasmática:

1. ***Comunicação***. A membrana plasmática funciona na comunicação celular através de seus receptores, glicoproteínas e glicolipídios.
2. ***Gradiente eletroquímico***. Como você verá mais adiante, a membrana plasmática produz um gradiente (diferencial) elétrico e químico entre o lado de dentro e o lado de fora da

Figura 3.2 Química e estrutura da membrana plasmática.

 A membrana plasmática consiste principalmente de fosfolipídios e proteínas.

Proteína periférica
Glicolipídio
Glicoproteína
Fluido extracelular
Célula generalizada mostrando a localização da membrana plasmática (cor de bronze)
Canal
Poro
Colesterol
Proteína periférica
Citossol
Proteína integral
Bicamada de fosfolipídio

FUNÇÕES DA MEMBRANA PLASMÁTICA

1. Comunicação. Interage com outras células do corpo, células estranhas e várias substâncias químicas.
2. Manutenção de um gradiente eletroquímico.
3. Forma e proteção. Dá forma, delimita e protege o conteúdo interno das células.
4. Permeabilidade seletiva. Permite a passagem de algumas substâncias e restringe a passagem de outras.

Quais os quatro fatores que afetam a permeabilidade da membrana plasmática?

Processos Passivos

Nos processos passivos, o movimento das moléculas é afetado por vários fatores, incluindo (1) a concentração das moléculas do soluto e do solvente, (2) a temperatura – a taxa de movimento molecular aumenta com o aumento da temperatura, e (3) pressão exercida pela gravidade e por outras forças.

Difusão Simples A ***difusão simples*** ocorre onde existe um movimento global (maior) de moléculas ou íons de uma região de alta concentração em direção a uma região de mais baixa concentração (Figura 3.4) até que as moléculas estejam igualmente distribuídas (é atingido o equilíbrio). Lembre-se de que os movimentos envolvem somente a energia cinética de moléculas individuais e que as substâncias se movem por si mesmas para baixo, no gradiente de concentração.

Por exemplo, se um grãozinho de corante for colocado dentro de um frasco de vidro cheio de água, a cor do corante é vista imediatamente em volta do grãozinho. A distâncias crescentes do grãozinho, a cor vai se tornando mais tênue. Com o passar do tempo, entretanto, a solução aquosa passa a ter uma cor uniforme. As moléculas do corante possuem energia cinética, movem-se aleatoriamente e para baixo no gradiente de concentração, de uma região de alta concentração de corante para uma região de baixa concentração de corante. As moléculas de água também se movem de uma região de alta concentração para uma região de baixa concentração. Quando as moléculas do corante e as moléculas de água estiverem igualmente distribuídas entre si, o equilíbrio é atingido e cessa a difusão, mesmo que continuem os movimentos moleculares. Se a água no frasco de vidro for fervida, a taxa de difusão das moléculas de corante aumentará enormemente pelo fato de um aumento na temperatura causar um aumento da velocidade de difusão.

A difusão através de membranas seletivamente permeáveis segue os mesmos princípios do exemplo do grãozinho de corante em água. No corpo humano, a difusão é importante para atividades como o movimento de oxigênio e dióxido de carbono entre o sangue e as células, e entre o sangue e os pulmões durante a respiração; a absorção de nutrientes pelas células; a excreção de resíduos celulares e o balanço eletrolítico – todas atividades que contribuem para a homeostase.

Difusão Facilitada Na ***difusão facilitada***, as substâncias com moléculas grandes e insolúveis em lipídios movem-se através das membranas plasmáticas com a assistência de proteínas integrais que funcionam como transportadoras (carreadoras). A maioria dos açúcares, incluindo a glicose, é transportada via difusão facilitada. Como um exemplo de difusão facilitada, usaremos o transporte da glicose através de uma membrana plasmática (Figura 3.5).

1. Primeiro a glicose liga-se ao transportador no exterior da membrana.
2. Então, o transportador muda de forma.
3. A glicose atravessa a membrana e é liberada no interior da célula.

Figura 3.4 Difusão simples. As substâncias com moléculas pequenas, insolúveis em lipídios, podem difundir-se através dos poros em canais formados pelas proteínas integrais, enquanto as substâncias com moléculas maiores, lipossolúveis, podem difundir-se através da bicamada fosfolipídica.

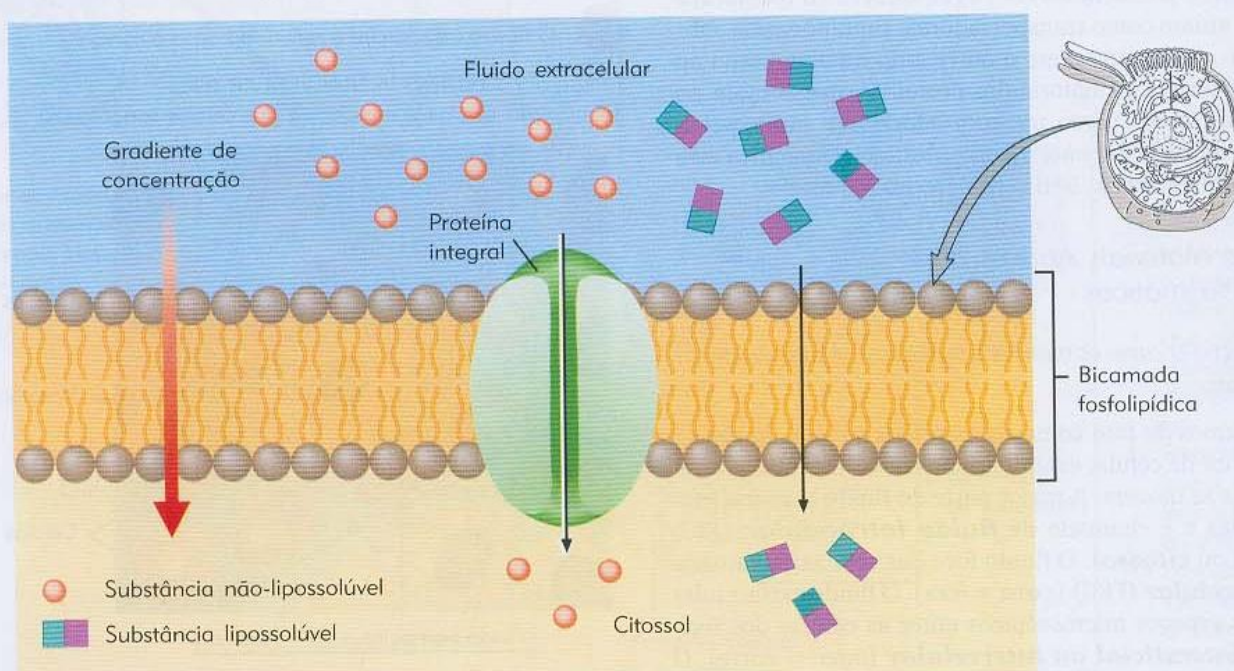
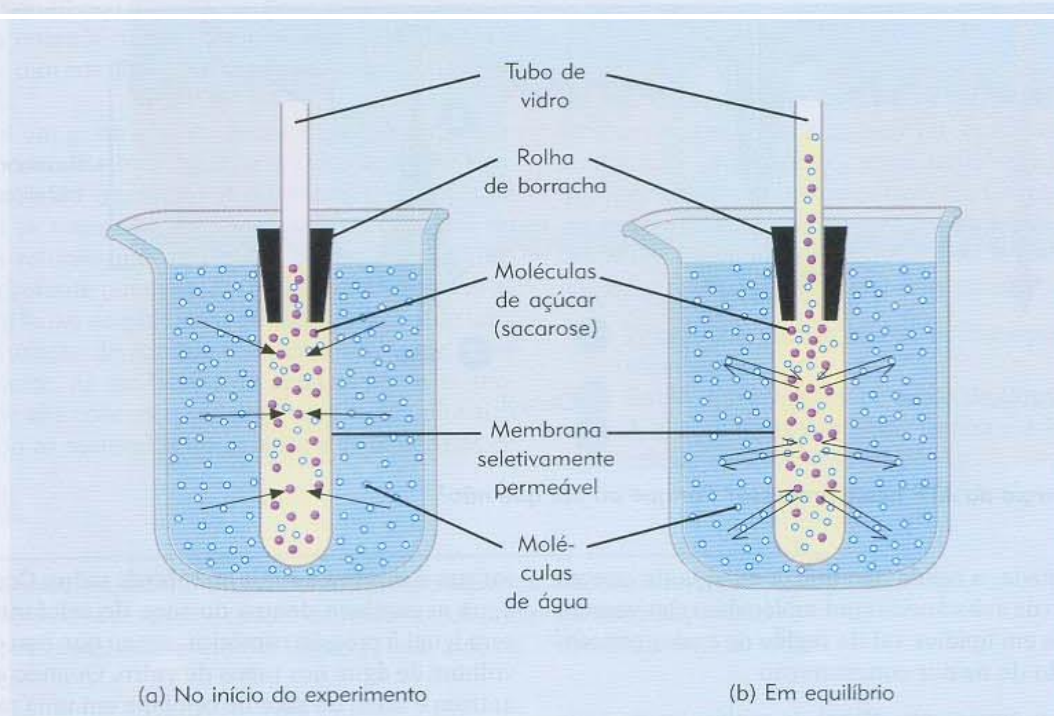
Na difusão simples, existe um movimento global (maior) de moléculas ou íons de uma região com maior concentração para uma região de mais baixa concentração.

Como a febre pode afetar os processos corporais que envolvem difusão?

Figura 3.6 Princípio da osmose. Em (a) o saco de celofane (uma membrana seletivamente permeável) contém uma solução de açúcar a 20% e está imerso em um frasco de vidro com água destilada (pura). As setas indicam que as moléculas de água podem passar livremente para dentro do saco. As moléculas de açúcar, entretanto, não podem passar para fora do saco. À medida que a água se move para o interior do saco por osmose, a solução de açúcar torna-se mais diluída e seu volume aumenta. Em equilíbrio (b), a solução de açúcar sobe no tubo de vidro. Nesse momento, o número de moléculas de água entrando e saindo do saco de celofane é o mesmo.

A osmose é a difusão global das moléculas de água através de uma membrana seletivamente permeável.

O que é pressão osmótica?

Uma ***solução hipertônica*** (*hyper* = maior) tem uma concentração de solutos mais alta e uma concentração mais baixa de água que os glóbulos vermelhos sangüíneos. Uma solução hipertônica pode ter 10% de NaCl. Em tal solução, as moléculas de água fluem para o exterior da célula com maior velocidade que para o interior, causando o encolhimento da célula, chamado de ***crenação*** (Figura 3.7c).

FILTRAÇÃO A ***filtração*** envolve o movimento de solventes, como a água, e substâncias dissolvidas, como o açúcar, através de uma membrana seletivamente permeável por ação da gravidade ou pressão mecânica, geralmente pressão hidrostática (da água). Tal movimento dá-se sempre de uma região de maior pressão em direção a uma região de pressão menor, e continua enquanto existirem diferenças de pressão. A maioria das moléculas pequenas a médias pode ser empurrada através de uma membrana celular por pressão de filtração.

A filtração é um processo muito importante no qual a água e os nutrientes do sangue são empurrados para dentro do fluido intersticial para seu uso nas células do corpo. Ela também é a força primária que inicia o processo de formação de urina.

Figura 3.7 Princípio da osmose aplicado aos glóbulos vermelhos sangüíneos. Estão mostrados, neste diagrama, os efeitos sofridos pelos glóbulos vermelhos (hemácias ou eritrócitos) quando colocados em soluções isotônica, hipotônica e hipertônica.

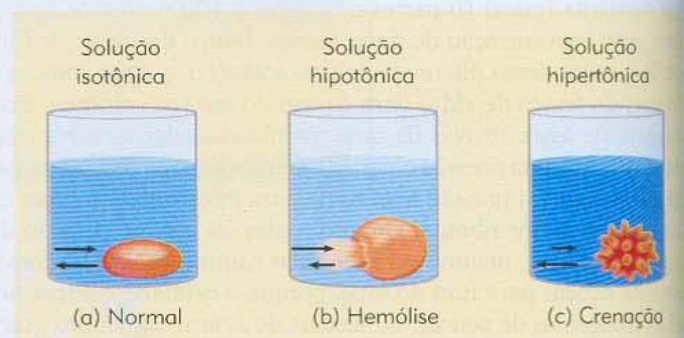
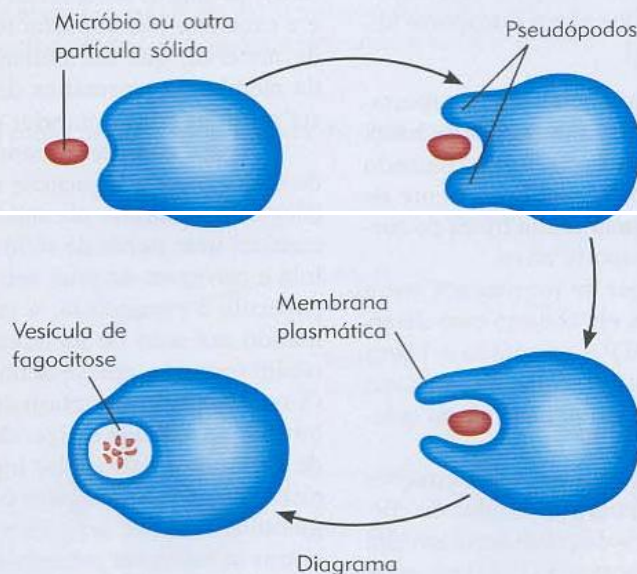
Uma solução isotônica é uma solução na qual as células mantêm sua forma, porque não existe movimento da água para o interior ou para o exterior da célula.

Uma solução de 2% de NaCl é hipotônica, hipertônica ou isotônica?

Figura 3.9 Fagocitose.

As células fagocitárias destroem micróbios e outras substâncias estranhas, uma atividade que ajuda a proteger contra doenças.

A fagocitose é um exemplo de endocitose ou de exocitose?

uma ***vesícula de pinocitose*** que circunda o líquido, e destaca-se da membrana. As partículas indigeríveis e os produtos celulares são removidos da célula por exocitose. Enquanto somente umas poucas células são capazes de realizar fagocitose, a maioria pode realizar pinocitose.

Os vários processos ativos e passivos pelos quais as substâncias são movidas através das membranas plasmáticas estão resumidos no Quadro 3.1.

Citossol

Todo o conteúdo celular entre a membrana plasmática e o núcleo perfaz o ***citoplasma***. A porção espessa e semifluida do citoplasma é o ***citossol*** (veja a Figura 3.1).

Fisicamente, o citossol é um fluido espesso, transparente e com aparência de gel. Quimicamente, o citosol é de 75 a 90% água, além de várias partículas orgânicas e inorgânicas dissolvidas ou suspensas na água. Algumas reações químicas, tais como as reações de decomposição liberadoras de energia, ocorrem no citossol. O citossol também é o sítio onde novas substâncias são sintetizadas para uso da célula.

Organelas

Objetivo: *Descrever a estrutura e as funções das organelas.*

Apesar de ocorrer um grande número de atividades químicas ao mesmo tempo na célula, há muito pouca interferência de uma reação com outra. Isso porque a célula tem muitos compartimentos diferentes, proporcionados por suas ***organelas*** ("pequenos órgãos"). Estas estruturas especializadas são geralmente circundadas por uma ou duas membranas. As organelas têm aparência característica e papéis específicos no crescimento, na manutenção, no reparo e no controle. O número e os tipos de organelas variam entre os diferentes tipos de células, dependendo de suas funções.

Núcleo

O ***núcleo*** (*nucleus* = cerne) é geralmente esférico ou oval. É a maior estrutura na célula (Figura 3.10). O núcleo é o centro de controle da célula porque contém os genes do corpo, que carregam as instruções herdadas para a estrutura e as atividades celulares. Esses genes estão organizados em fila única ao longo de estruturas que contêm DNA chamadas de ***cromossomos***. A maioria das células contém um núcleo único, embora algumas, como os glóbulos vermelhos maduros, não tenham núcleo. As células musculares estriadas esqueléticas e algumas outras poucas células contêm vários núcleos.

O núcleo é delimitado por uma saco membranoso chamado de ***envoltório (membrana) nuclear***. A superfície do envoltório nuclear é crivada de ribossomos (descritos adiante) e é contínua, em determinados pontos, com o retículo endoplasmático rugoso (granular)(também descrito adiante). Ao longo da membrana nuclear, há aberturas chamadas de ***poros nucleares*** que proporcionam um meio de comunicação entre o núcleo e o citossol, especificamente para a passagem de moléculas grandes, como RNA e várias proteínas.

Dentro do núcleo há um ou mais corpos esféricos chamados de ***nucléolos***. São compostos de proteína, DNA e RNA e não são delimitados por uma membrana. Podem-se dispersar e desaparecer, o que acontece durante a divisão celular (reprodução celular), regenerando-se assim que novas células forem sendo formadas. Um tipo de RNA chamado de *RNA ribossômico* (*RNAr*), que é extremamente importante para a síntese proteica, é produzido nos nucléolos. Finalmente, dentro do núcleo está o DNA (o material

hereditário) e proteínas, que formam uma massa frouxa chamada de ***cromatina*** (que se espiraliza nos cromossomos em forma de bastonete durante a divisão celular).

Retículo Endoplasmático (RE)

Por todo o citoplasma insinua-se um sistema de canais membranosos (***cisternas***) de formatos diversos, chamado de ***retículo endoplasmático*** (*endo* = dentro, *plasmia* = citoplasma; *reticulum* = rede) ou ***RE*** (Figura 3.11a). Os canais são contínuos com o envoltório nuclear. Existem dois tipos de RE. O ***RE rugoso*** ou ***granular*** é craveiado de ribossomos. O ***RE liso*** ou ***agranular*** não possui ribossomos.

Os ribossomos associados ao RE rugoso sintetizam proteínas. O RE rugoso também serve como uma região de armazenamento provisório para moléculas recém-sintetizadas e pode adicionar grupos de açúcar a certas proteínas, formando assim as glicoproteínas. Juntos, o RE rugoso e o complexo de Golgi (outra organela, descrita a seguir) sintetizam e empacotam moléculas que serão secretadas da célula.

O RE liso é o sítio de síntese de ácidos graxos, fosfolipídios e esteróides. Também, em certas células, enzimas presentes no RE liso podem inativar ou desintoxicar uma variedade de substâncias químicas, incluindo o álcool, os pesticidas e os carcinogênicos (agentes causadores de câncer).

Ribossomos

Os ***ribossomos*** são grânulos minúsculos compostos de RNA ribossômico (RNAr) e proteína. Estruturalmente, os ribossomos consistem de duas subunidades, uma aproximadamente a metade do tamanho da outra (Figura 3.11b). Os ribossomos são os sítios da síntese proteica (discutida posteriormente neste capítulo).

Alguns ribossomos estão espalhados pelo citossol; outros estão ligados ao retículo endoplasmático (RE).

Complexo de Golgi

O ***complexo de Golgi*** está normalmente situado próximo ao núcleo. Ele consiste de sacos achatados (***cisternas***) que são empilhados como pratos, com áreas expandidas nas suas extremidades (Figura 3.12). Pequenas ***vesículas de Golgi*** estão associadas às cisternas, e se agrupam ao longo das margens expandidas das mesmas.

O complexo de Golgi recebe as proteínas e lipídios recém-sintetizados dos retículos endoplasmáticos, e, então, seleciona

Figura 3.11 Retículo endoplasmático (RE) e ribossomos.

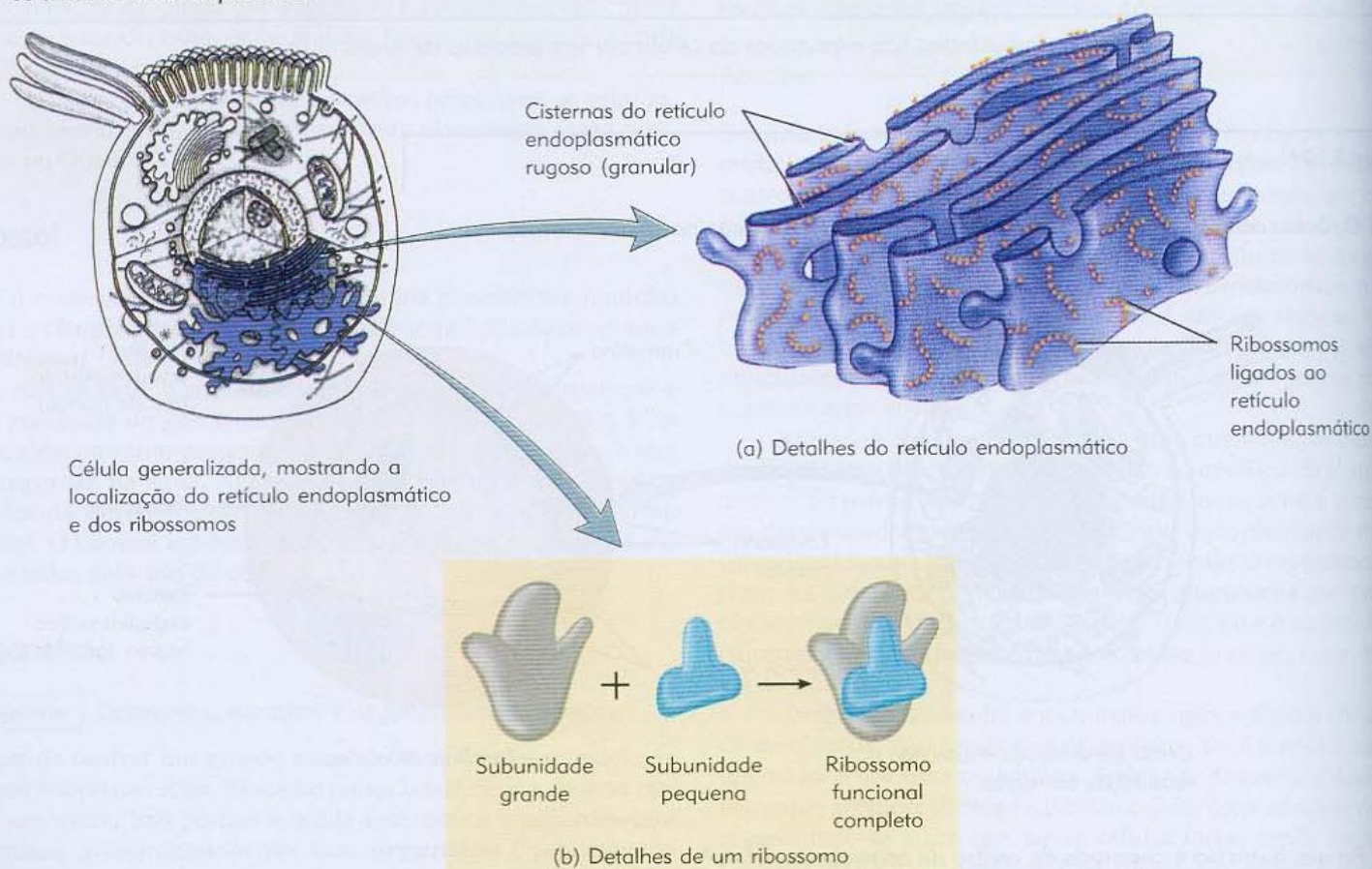
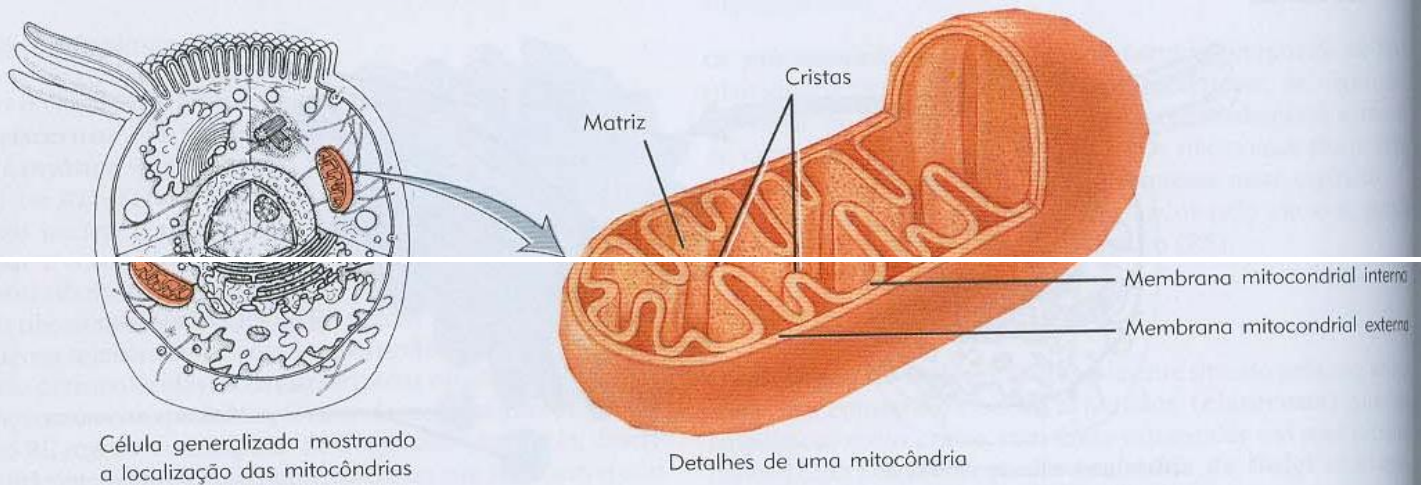
O retículo endoplasmático proporciona uma superfície para as reações químicas e transporta, armazena, sintetiza, empacota e desintoxica moléculas; os ribossomos são os sítios de síntese proteica.

P ***Qual a diferença básica estrutural e funcional entre os retículos endoplasmáticos liso e rugoso?***

Figura 3.13 Mitocôndria.

As reações químicas dentro das mitocôndrias geram ATP.

P *Como as cristas de uma mitocôndria contribuem para sua função de produção de energia?*

po humano é a cauda do espermatozóide, usada para sua locomoção (veja a Figura 23.4). Se as projeções forem numerosas e curtas, semelhantes a um tufo de cabelos curtos, elas são denominadas ***cílios***. As células ciliadas do trato respiratório movem o muco que aprisiona partículas estranhas (veja a Figura 18.4). Tanto os flagelos como os cílios consistem de microtúbulos circundados por citossol e envoltos por membrana plasmática.

Centrossomos e Centríolos

Um ***centrossomo*** é uma área densa de citossol próxima ao núcleo. Os centrossomos estão envolvidos na reprodução celular, que será descrita em seguida. No centrossomo há um par de estruturas cilíndricas chamadas de ***centríolos*** (veja a Figura 3.1). Os centríolos são compostos de microtúbulos e estão dispostos em um ângulo reto um do outro. Os centríolos têm um papel importante na formação e na regeneração dos flagelos e cílios.

As principais partes de uma célula e suas funções estão resumidas no Quadro 3.2.

Ação Gênica

Objetivo: *Definir um gene e explicar a seqüência de eventos envolvidos na síntese proteica.*

Síntese Proteica

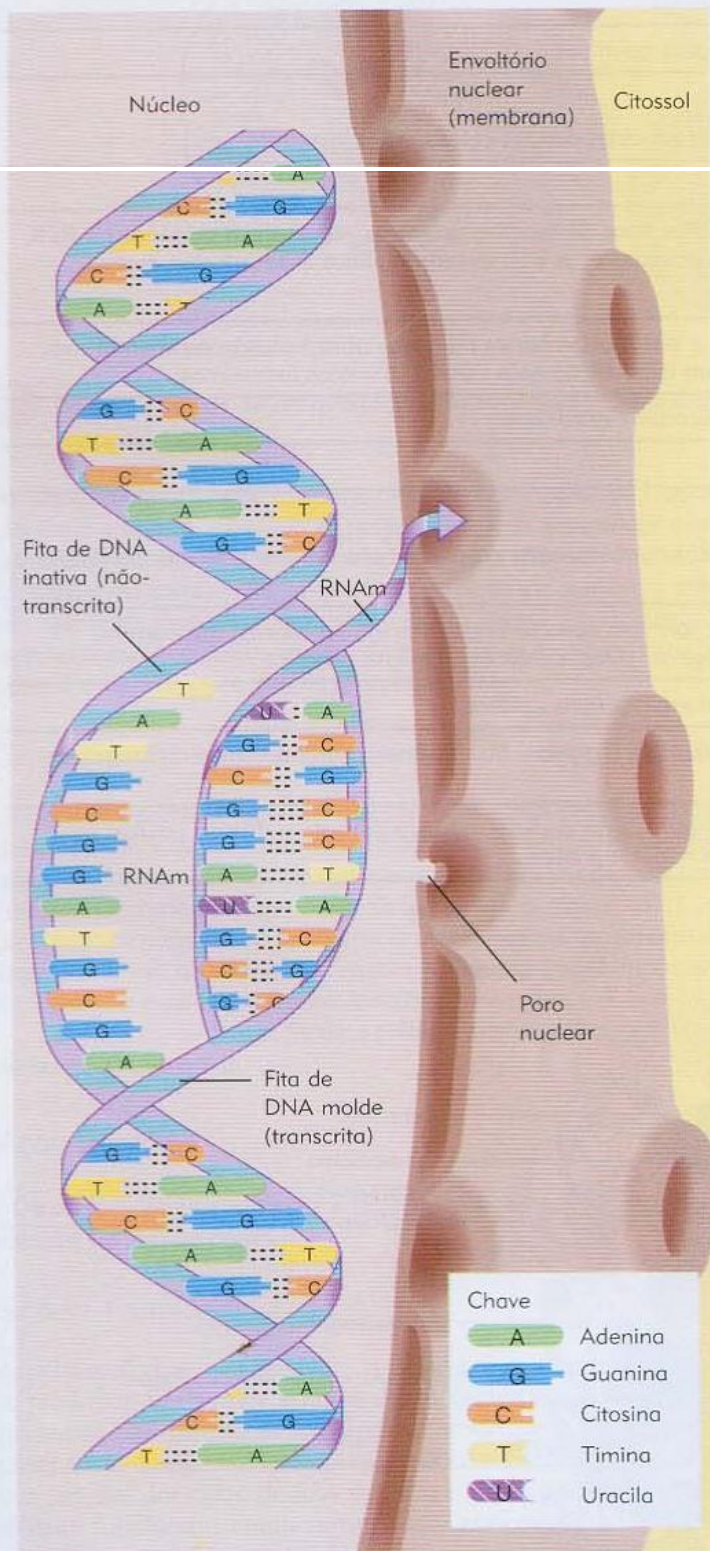
As células são basicamente fábricas de proteínas que constantemente produzem um grande número de diferentes proteínas. Algumas proteínas são estruturais, auxiliando na formação da membrana plasmática, dos microfilamentos, dos microtúbulos, dos centríolos, dos flagelos, dos cílios, do fuso mitótico e outras partes das células. Outras funcionam como hormônios, anticorpos e elementos contráteis no tecido muscular. Outras ainda funcionam como enzimas que regulam as reações químicas que ocorrem nas células.

As instruções para a fabricação de proteínas estão contidas no DNA. As células produzem proteínas pela transferência da informação genética codificada no DNA para proteínas específicas em um processo de duas etapas. Na primeira, a informação genética no DNA é *transcrita* (copiada) para produzir uma molécula de RNA. Na segunda etapa, a informação contida no RNA é *traduzida* para uma nova molécula proteica. Descreveremos agora como o DNA dirige a síntese proteica por meio da transcrição e da tradução.

Transcrição

A ***transcrição*** é o processo pelo qual a informação genética é transferida do DNA para um tipo de RNA chamado de ***RNA mensageiro*** (***RNAm***). É chamado de transcrição porque o processo se assemelha à cópia, ou transcrição, de uma seqüência de palavras de uma fita para outra. Na transcrição, um segmento de DNA se desespiraliza e bases nitrogenadas livres ligam-se a uma metade do segmento, formando uma fita de RNA, que agora apresenta o "projeto" ou padrão para um tipo particular de proteína. Assim, a informação genética armazenada nas bases nitrogenadas de um dos lados daquele segmento do DNA é copiada para as bases nitrogenadas da fita de RMAm (Figura 3.14). Especificamente, a cópia ocorre da seguinte maneira: a citosina (C) no molde ou padrão de DNA determina uma guanina (G) na fita de RNAm que está sendo construída; uma G no molde de DNA determina uma C na fita de RNAm; e uma timina (T) no molde de DNA determina uma adenina (A) na fita de RNAm. Devido ao fato de o RNA conter uracila (U) no lugar da T, uma A no molde de DNA determina um U na fita de RNAm. Por exemplo:

Figura 3.14 Transcrição. Quando a síntese do RNA estiver completa, o RNAm deixará o núcleo e entrará no citoplasma, onde ocorre a tradução.

Durante a transcrição, a informação genética no DNA é copiada para o RNA.

P *Se o molde de DNA tiver a seguinte seqüêcia de bases nitrogenadas: AGCT, qual será a seqüência de bases do RNAm?*

O DNA sintetiza o RNAm por meio da transcrição. O DNA também sintetiza dois outros tipos de RNA. Um deles é o ***RNA ribossômico*** (***RNAr***) que, juntamente com proteínas, constituem o ribossomo. O outro é chamado de ***RNA transportador (de transferência)*** (***RNAt***), que será explicado a seguir. Uma vez sintetizados, o RNAm, o RNAr e o RNAt deixam o núcleo da célula. No citossol, eles participam da próxima etapa da síntese proteica - a tradução.

Tradução

Assim como o DNA fornece o molde para a produção do RNAm, o RNAm fornece um molde para a produção de uma proteína. A ***tradução*** é o processo pelo qual a informação contida nas bases nitrogenadas do RNAm "dirige" o arranjo (seqüência) dos aminoácidos de uma proteína. É essa seqüência de aminoácidos que define uma proteína, isto é, que determina que ela seja uma enzima, uma proteína da membrana plasmática ou o elemento contrátil em um músculo, e assim por diante. A tradução é, então, um componente básico da síntese proteica.

A tradução, e toda a síntese proteica, ocorre no ribossomo. Uma molécula de proteína é produzida por cada ribossomo.

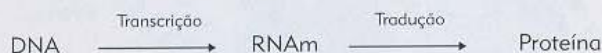
1. O processo inicia-se quando uma fita de RNAm se liga a um ribossomo (Figura 3.15). Neste momento, os aminoácidos devem ser transportados ao ribossomo para que a proteína possa ser formada, e esse é o trabalho do RNAt.
2. O RNAt captura um aminoácido no citossol que irá participar da síntese proteica. Para cada aminoácido diferente, existe um RNAt diferente. Uma extremidade da molécula de RNAt liga-se a um aminoácido. A outra extremidade tem três bases nitrogenadas (*triplet*-trinca) e é conhecida como ***anticódon***.
3. O RNAt, com o aminoácido ligado, desloca-se até o ribossomo. Lá, o anticódon reconhece um *triplet* correspondente, ou ***códon***, no RNAm e liga-se a ele. Se o anticódon no RNAt é UAC, o códon no RNAm será AUG.
4. Uma vez que o RNAt esteja ligado ao RNAm, o ribossomo se move ao longo da fita de RNAm e o próximo RNAt com seu aminoácido liga-se na seqüência.
5. Esses dois aminoácidos são unidos por uma ligação peptídica por meio de síntese por desidratação. O primeiro RNAt é liberado e pode capturar uma outra molécula do mesmo aminoácido se necessário.
6. Os aminoácidos são ligados um a um até que a proteína esteja completa.
7. Quando uma proteína especificada está completa, a síntese é interrompida por um códon especial, o códon de terminação. A molécula de proteína recém-formada é então liberada do ribossomo.
8. Após a síntese proteica, as subunidades ribossômicas grande e pequena se separam.

À medida que o ribossomo se move ao longo da fita de RNAm, ele "lê" a informação codificada no RNAm e sintetiza uma proteína de acordo com aquela informação, o ribossomo sintetiza a proteína pela tradução das seqüências do códon em uma seqüência de aminoácidos.

Com base nessa descrição da síntese proteica, podemos agora definir um ***gene*** como sendo um grupo de nucleotídeos em uma molécula de DNA que serve como uma matriz para a síntese

de uma proteína específica. Os genes são compostos, em média, por 1.000 pares de nucleotídeos, que aparecem em uma seqüência específica na molécula de DNA.

Lembre-se que a seqüência de bases niotrogenadas dos genes determina a seqüência de bases no RNAm. A seqüência de bases nitrogenadas no RNAm, por sua vez, determina a seqüência de aminoácidos que irão formar a proteína. Dessa forma, cada gene é responsável pela produção de uma determinada proteína, como se segue:

DNA —(Transcrição)→ RNAm —(Tradução)→ Proteína

Divisão Celular Normal

Objetivo: *Discutir os estágios, os eventos e o significado da divisão celular.*

A maioria das atividades celulares discutidas até agora mantém a célula dia-a-dia. Entretanto, as células devem ser substituídas quando estão danificadas, doentes ou quando se desgastam e morrem. Em um período de 24 horas, um homem adulto perde bilhões de células em diferentes partes do corpo. As células com um período de vida curto, como aquelas da camada externa da pele, são continuamente substituídas. As células com um período de vida longo, tais como certas células musculares, são substituídas menos freqüentemente. Em adição à reposição, células novas também devem ser produzidas como parte do processo de crescimento. Também devem ser produzidos os espermatozóides e os óvulos.

A ***divisão celular*** é o processo pelo qual as células se reproduzem. Existem dois tipos de divisão celular.

No primeiro tipo de divisão, a ***divisão celular somática***, um única célula inicial chamada de ***célula genitora (mãe)*** divide-se para produzir duas ***células filhas*** idênticas. Esse processo consiste de uma divisão nuclear chamada de ***mitose*** mais uma divisão citoplasmática chamada de ***citocinese***. A divisão celular somática assegura que cada célula filha carregue o mesmo *número* e *tipo* de cromossomos do que a célula mãe original e, assim, o mesmo material hereditário e potencial genético. A divisão somática resulta em um aumento do número de células no corpo e é por meio dela que as células mortas ou danificadas são substituídas, e novas células são adicionadas para o crescimento do corpo.

O segundo tipo de divisão celular é chamado de ***divisão celular reprodutiva***. É o mecanismo pelo qual os espermatozóides e os óvulos, as células necessárias para a formação de um novo organismo, são produzidos. Esse processo consiste de uma divisão nuclear chamada de ***meiose,*** mais a ***citocinese***. Iremos agora discutir a divisão celular somática. A divisão celular reprodutiva será discutida no Capítulo 23.

Divisão Celular Somática

As células humanas, com exceção dos espermatozóides e dos óvulos, contêm 23 pares de cromossomos, *em um total de 46 cromossomos*. Um ***cromossomo*** contém uma molécula de DNA que armazena informação hereditária em genes. Seguindo-se à divisão somática da célula, ambas células filhas também devem conter 23 pares de cromossomos idênticos àqueles da célula genitora. Assim sendo, antes da mitose, a célula genitora deve produzir um conjunto duplo de cromossomos por meio da replicação (produção de duplicatas) de seu DNA.

A replicação do DNA ocorre quando uma célula está em um estágio entre divisões, quando se diz que está na ***interfase***. Também durante esse estágio, o RNA e as proteínas necessárias para a produção de todas as estruturas duplicadas na divisão celular são fabricados. Quando o DNA se replica, suas hélices desespiralizam-se parcialmente (Figura 3.16) e o DNA aparece como uma massa granular chamada de ***cromatina*** (veja a Figura 3.17a). Para desespiralizar-se, o DNA separa-se na região onde suas bases nitrogenadas estão ligadas. Cada base nitrogenada exposta pareia-se então com uma base complementar. A desespiralização e o pareamento de bases complementares continuam até que cada uma das duas fitas originais do DNA seja pareada e unida com duas fitas de DNA recém-sintetizadas. A molécula original de DNA tornou-se assim duas moléculas de DNA. Também durante a interfase os centríolos pareados na célula replicam-se de tal forma que dois pares estão presentes. Nesse momento inicia-se a mitose (divisão nuclear).

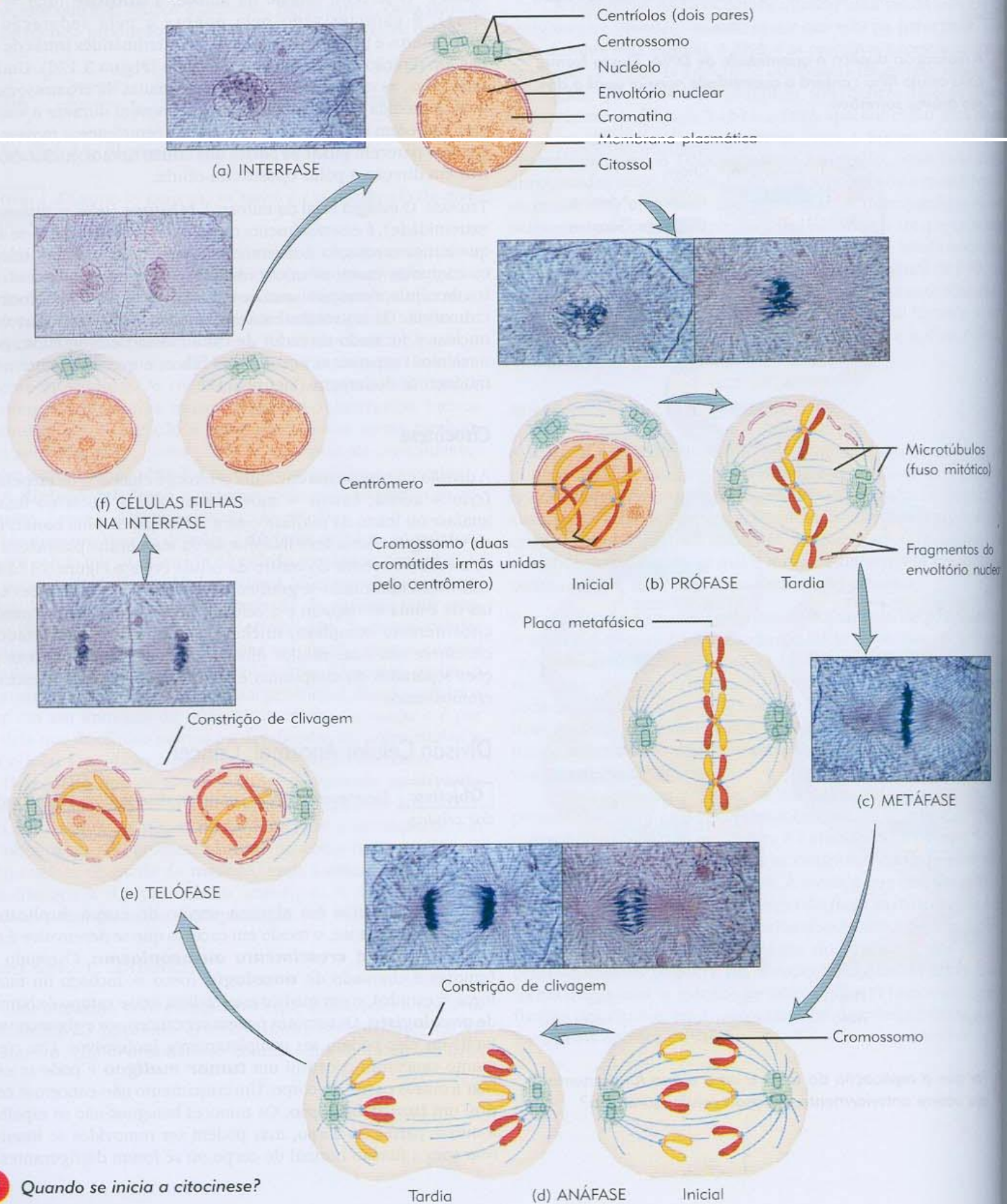
Mitose

A ***mitose*** é a distribuição de dois conjuntos cromossômicos em dois núcleos separados e idênticos, seguindo-se à replicação cromossômica dos núcleos progenitores. Ela resulta na duplicação *exata* da informação genética. Os biólogos dividem o processo em quatro estágios: prófase, metáfase, anáfase e telófase. Essa é uma classificação arbitrária, já que a mitose é na verdade um processo contínuo, com um estágio fundindo-se ao próximo.

PRÓFASE O primeiro estágio da mitose é chamado de ***prófase*** (pro = anterior) (Figura 3.17b). Durante o início da prófase, a cromatina condensa-se e encurta-se até os cromossomos tornarem-se visíveis. Uma vez que a replicação do DNA ocorre durante a interfase, cada cromossomo na prófase consiste de um par de moléculas idênticas de DNA em dupla hélice, chamadas de ***cromátides***. Cada par de cromátides é unido por um pequeno corpo esférico denominado ***centrômero***.

Mais tarde na prófase, os nucléolos desaparecem, em um período durante o qual cessa temporariamente a síntese de RNA, e o envoltório nuclear se desintegra e é absorvido no citossol. Ainda, cada um dos centrossomos e seus centríolos move-se para pólos (extremidades) opostos da célula. À medida que eles se deslocam, os centrossomos iniciam a formação do ***fuso mitótico***, que é um conjunto fusiforme de microtúbulos responsáveis pelo movimento dos cromossomos. O alongamento dos microtúbulos entre os centrossomos os empurra em direção aos pólos da célula, de tal forma que o fuso se estende de pólo a pólo. O fuso é um local de fixação dos cromossomos, e ele também distribui os cromossomos para pólos opostos da célula.

Figura 3.17 Divisão celular: mitose e citocinese. Microfotografias e representações esquemáticas de vários estágios da divisão celular em ovos de peixe. Leia a seqüência, começando em (a) e movendo-se em direção horária até completar o ciclo.

Na divisão celular somática, uma única célula genitora diplóide divide-se para produzir duas células filhas diplóides idênticas.

Quando se inicia a citocinese?

foco no bem-estar

A Dieta Pode Prevenir Contra o Câncer?

Câncer. Poucas palavras evocam imagens mais aterrorizantes, a despeito de muitos tipos de câncer serem curáveis. Na busca de uma prevenção para o que é aparentemente incontrolável, muitas pessoas voltam-se para fatores ligados ao estilo de vida que estão sob seu controle, especialmente os alimentos que ingerem.

A Dieta É Realmente Importante?

Diversos fatores de nosso estilo de vida são muito mais importantes que a dieta quando se fala em prevenção de câncer. Não faça de uma dieta saudável um substituto para deixar de fumar, praticar exercícios, praticar sexo seguro, limitar a ingestão de álcool e trabalhar para ter um ambiente mais limpo.

Os fatores alimentares parecem ser mais importantes quando se fala em câncer do trato digestório e, de maneira limitada, para outros tipos de câncer, como os do pulmão, da mama e da próstata. Convenientemente, uma dieta preventiva de câncer também parece reduzir o risco de doença cardíaca, pressão sangüínea alta e obesidade.

Coma Frutas e Verduras

Vários estudos têm associado uma dieta rica em frutas e verduras a menores riscos de se desenvolver câncer. Os pesquisadores acreditam que alguns carcinogênicos causam câncer porque produzem átomos de oxigênio altamente reativos chamados de radicais livres, que podem causar danos a componentes celulares tais como o DNA. As frutas e os vegetais contêm um número de nutrientes e substâncias químicas, conhecidas como fitoquímicas, que parecem interferir com a carcinogênese (desenvolvimento de câncer) causada ou promovida pelos radicais livres. Eles auxiliam, seja desintoxicando os carcinogênicos (substâncias causadoras de câncer), seja evitando que penetrem nas células, ou mesmo suprimindo mudanças malignas nas células que tenham sido expostas a carcinogênicos. Esses compostos preventivos de câncer incluem nutrientes conhecidos, como vitaminas C e E, carotenóides (precursores de vitamina A, incluindo o betacaroteno) e selênio. Outros incluem indóis, isotiocianatos, flavonóides e isoflavonas.

Aumente sua ingestão desses compostos preventivos de câncer consumindo de cinco a nove porções de uma variedade de frutas e vegetais todos os dias. Tente ingerir uma porção de ao menos três componentes das seguintes categorias: vegetais crucíferos (por exemplo, brócolis, couve-de-bruxelas, repolho e couve-flor); frutas cítricas; vegetais de folhas verdes escuras; e vegetais vermelhos, amarelos escuros ou cor-de-laranja.

Coma Alimentos que Estejam mais na Base da Cadeia Alimentar

Os grãos, as nozes, as sementes e os legumes (feijões secos e seus derivados) também contêm uma variedade de substâncias preventivas de câncer. Os produtos de soja provocaram grande interesse já que sua ingestão em grande quantidade está associada ao risco menor de câncer de mama e de próstata. Os fitoestrógenos ("estrógenos de plantas") parecem ser os ingredientes responsáveis por esse efeito. Os fitoestrógenos alteram o comportamento dos hormônios sexuais, tanto em homens quanto em mulheres, e também alteram o papel que esses hormônios têm no processo de carcinogênese.

Evite Gordura e Carcinogênicos

Os carcinogênicos são encontrados em alimentos defumados, curados e em conserva. O consumo de resíduos de pesticidas em frutas e vegetais e em carnes pode aumentar o risco de câncer. Alguns especialistas acreditam que a ingestão de gorduras pode ser o principal carcinogênico e o mais facilmente controlável na dieta nos Estados Unidos da América. O consumo de carne vermelha também tem sido associado a um risco aumentado de câncer.

A redução da ingestão de gorduras também ajuda a evitar obesidade, outro fator de risco para câncer. As estatísticas indicam que pessoas com peso 20% acima do recomendado têm um risco acima da média para muitos tipos de câncer. O risco de câncer aumenta com o aumento do peso.

Passe Adiante

Estudos sugerem que fibras podem auxiliar na prevenção do câncer de intestino grosso (colo e reto). As fibras são matérias vegetais que o ser humano não pode digerir e são encontradas em alimentos vegetais. Podem auxiliar na prevenção do câncer de várias maneiras. Primeiro, aceleram a passagem das fezes na sua jornada através do cólon, reduzindo assim a exposição do revestimento do colo aos carcinogênicos presentes nesses dejetos. Segundo, as fibras aumentam o volume das fezes e seu conteúdo de água, diluindo a concentração dos carcinogênicos ali presentes. E, por último, o consumo de gordura, que está positivamente associado ao risco de câncer, geralmente cai quando as pessoas aumentam a ingestão de alimentos com alto teor de fibras.

Pensamento Crítico

Quais são algumas das mudanças que você poderia fazer na dieta para transformar seus hábitos alimentares usuais em uma dieta preventiva de câncer? Que alimentos você deveria comer mais? E menos?

11. Endocitose é o movimento de substâncias através de membranas plasmáticas, no qual a membrana circunda a substância, engloba-a e transfere-a para o interior da célula.
12. Fagocitose é a ingestão de partículas sólidas por pseudópodos. É o processo utilizado pelos glóbulos brancos para destruir bactérias.
13. Pinocitose é a ingestão de um líquido pela membrana plasmática. Nesse processo, o líquido fica englobado por um vacúolo.

Citossol (p. 46)

1. O citossol é a porção espessa e semifluida de citoplasma entre a membrana plasmática e o núcleo.
2. É composto principalmente por água, mais proteínas, carboidratos, lipídios e substâncias inorgânicas.
3. Funcionalmente, o citossol é o meio no qual algumas reações químicas ocorrem.

Organelas (p. 46)

1. Organelas são estruturas especializadas da célula, que são geralmente circundadas por uma ou duas membranas, que possuem uma forma característica e que realizam atividades específicas.
2. Assumem papéis específicos no crescimento, na manutenção, no reparo e no controle celular.

Núcleo (p. 46)

1. Geralmente é a maior organela, controla as atividades celulares e contém a informação genética.
2. A maior parte da células do corpo tem um único núcleo; algumas (glóbulos vermelhos) não têm nenhum; outras (células musculares estriadas esqueléticas) têm vários.
3. As partes do núcleo são o envoltório nuclear, os nucléolos e o material genético (DNA), que está contido nos cromossomos.

Retículo Endoplasmático (RE) (p. 48)

1. O RE é uma rede de membranas paralelas, contínuas com a membrana plasmática e a membrana nuclear.
2. O RE rugoso (granular) tem ribossomos associados a ele; o RE liso (agranular) não apresenta ribossomos.
3. O RE armazena moléculas recém-sintetizadas, sintetiza e empacota moléculas, desintoxica substâncias químicas e libera íons cálcio envolvidos na contração muscular.

Ribossomos (p. 48)

1. Ribossomos são estruturas granulares que consistem de RNA ribossômico e proteínas.
2. Ocorrem livres ou associados ao retículo endoplasmático.
3. Funcionalmente, os ribossomos são sítios de síntese de proteínas.

Complexo de Golgi (p. 48)

1. O complexo de Golgi consiste de sacos membranosos (cisternas) achatados e empilhados.
2. A função principal do complexo de Golgi é processar, separar e distribuir as proteínas à membrana plasmática, aos lisossomos e às vesículas secretoras.

Lisossomos (p. 49)

1. Lisossomos são estruturas esféricas que contêm enzimas digestivas. São formados a partir dos complexos de Golgi.
2. São encontrados em grande número nos glóbulos brancos, que realizam fagocitose.
3. A digestão de partes de células desgastadas pelos lisossomos é chamada de autofagia.
4. Os lisossomos também têm função na digestão extracelular.

Mitocôndrias (p. 49)

1. As mitocôndrias consistem de uma membrana externa lisa e uma membrana interna dobrada, que delimita o interior chamado de matriz. As dobras internas são chamadas de cristas.
2. As mitocôndrias são chamadas de "casa de força" da célula, uma vez que são responsáveis pela produção de ATP.

Citoesqueleto (p. 49)

1. Microfilamentos, microtúbulos e filamentos intermediários formam o citoesqueleto.
2. Microfilamentos são estruturas em forma de bastão envolvidas na contração muscular, no suporte e no movimento.
3. Microtúbulos são tubos delgados que suportam, proporcionam movimento e formam flagelos, cílios, centríolos e fuso mitótico.
4. Filamentos intermediários parecem oferecer reforço estrutural a algumas células.

Cílios e Flagelos (p. 49)

1. Essas projeções celulares têm a mesma estrutura básica e são utilizadas no movimento.
2. Se as projeções são longas e em pequeno número (geralmente isoladas ou aos pares), são denominadas flagelos. Se são numerosas e com aparência de cabelo, são chamadas de cílios.
3. Os flagelos fazem a célula inteira mover-se (por exemplo, o do espermatozóide). Os cílios movem outros objetos ao longo de uma superfície celular (por exemplo, partículas de muco em direção à garganta para sua eliminação).

Centrossomo e Centríolos (p. 50)

1. A área densa de citossol contendo os centríolos é denominada centrossomo. Este é importante na reprodução celular.
2. Os centríolos são estruturas cilíndricas pareadas, dispostas em ângulo reto uma em relação à outra. Têm papel na formação e na regeneração de flagelos e cílios.

Ação Gênica (p. 50)

1. As células são basicamente fábricas de proteínas.
2. As células produzem proteínas por meio de transcrição e tradução.
3. Na transcrição, a informação genética codificada no DNA é passada a um filamento de RNA mensageiro (RNAm).
4. O DNA também sintetiza RNA ribossômico (RNAr) e RNA transportador (RNAt).
5. Na tradução, a informação na seqüência das bases nitrogenadas do RNAm dita a seqüência de aminoácidos de uma proteína.

O termo ***fluido corporal*** refere-se à agua do corpo e a todas as substâncias nela dissolvidas. (Não existe água pura no corpo; toda a água do corpo contém solutos.) Os fluidos compreendem uma média de 55 a 60% do peso corporal total.

Compartimentos e Equilíbrio de Fluidos

Aproximadamente dois terços do fluido corporal está no interior das células e é chamado de ***fluido intracelular*** (*intra* = dentro). O outro terço, chamado de ***fluido extracelular*** (*extra* = fora), inclui todos os outros fluidos corporais (Figura 22.1). Ao redor de 80% do fluido extracelular é ***fluido intersticial*** e 20% é ***plasma sangüíneo***, a porção líquida do sangue. Uma parte do fluido extracelular está em lugares específicos tais como: a linfa nos vasos linfáticos, o líquido cerebrospinhal no sistema nervoso central, o líquido sinovial (sinóvia) nas juntas ósseas, os humores aquoso e vítreo nos olhos, a endolinfa e a perilinfa nos ouvidos, os fluidos pleural, pericárdico e peritoneal entre as túnicas serosas e o filtrado glomerular nos rins.

As membranas de permeabilidade seletiva separam os fluidos corporais em compartimentos distintos. Um compartimento pode ser tão pequeno quanto o interior de uma única célula ou tão grande quanto o interior do coração e dos vasos sangüíneos combinados. As membranas plasmáticas de células individuais separam o fluido intracelular do fluido intersticial. Embora os fluidos estejam em constante movimento, de um compartimento para o outro, o volume dos mesmos em cada compartimento permanece bastante estável – outro exemplo de homeostase.

A água é o principal componente de todos os fluidos corporais. Quando dizemos que o corpo está em ***equilíbrio fluido***, queremos dizer que a quantidade de água necessária está presente e bem distribuída entre os vários compartimentos, de acordo com suas necessidades. A osmose é o método primário de movimento da água corporal para dentro e para fora dos compartimentos. A concentração de solutos nos fluidos é, dessa forma, o determinante principal do equilíbrio fluido. A maior parte dos solutos em fluidos corporais são eletrólitos – substâncias que se dissociam em íons. O equilíbrio fluido, então, significa equilíbrio de água, mas também implica equilíbrio eletrolítico. Os dois são inseparáveis.

Água

A ***água*** é, sem dúvida, o componente individual mais abundante no corpo. As crianças apresentam uma maior proporção de água,

Figura 22.1 Compartimentos de fluidos corporais.

(a) Distribuição da água corporal em indivíduos adultos (mulher e homem) de constituição média

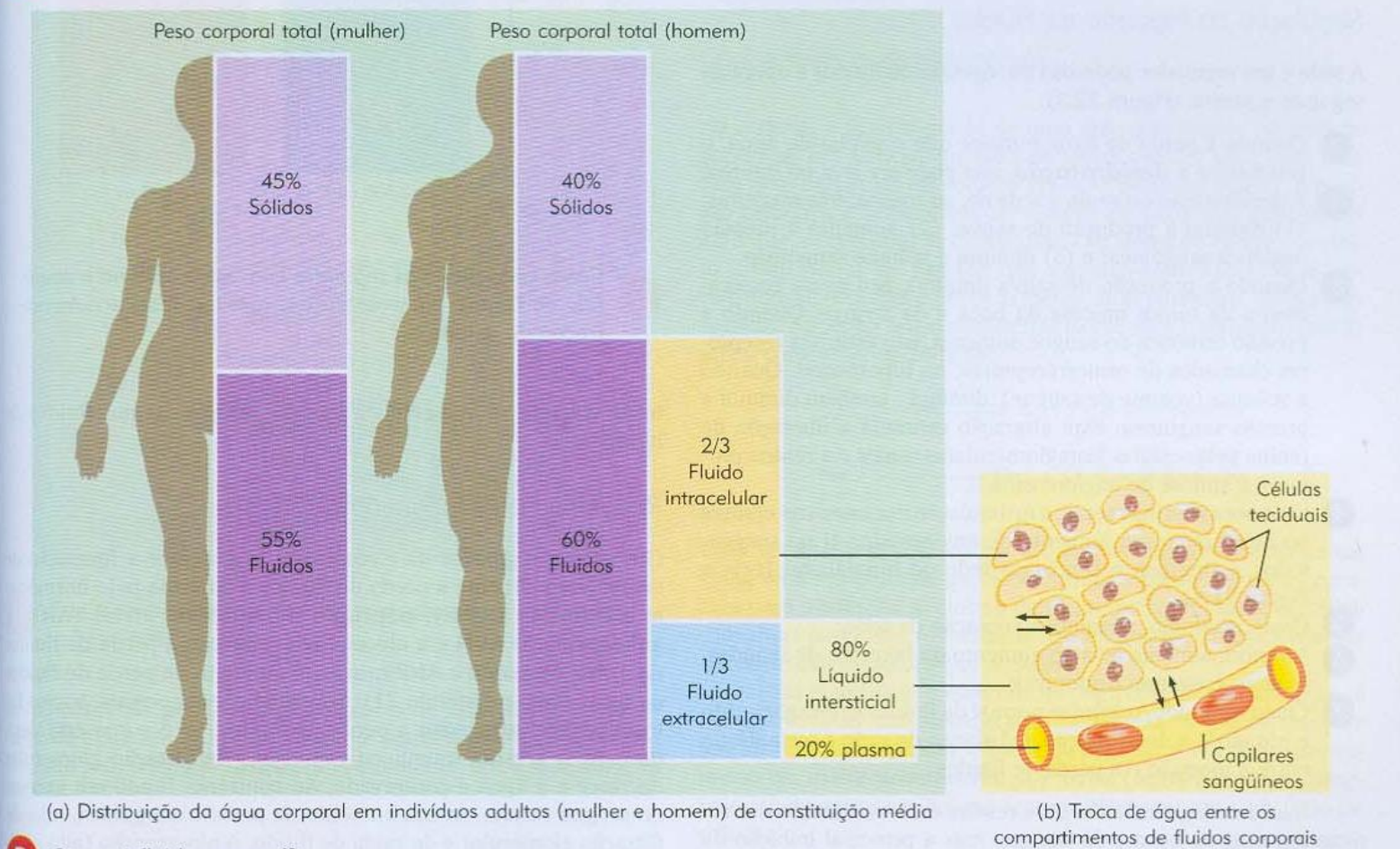
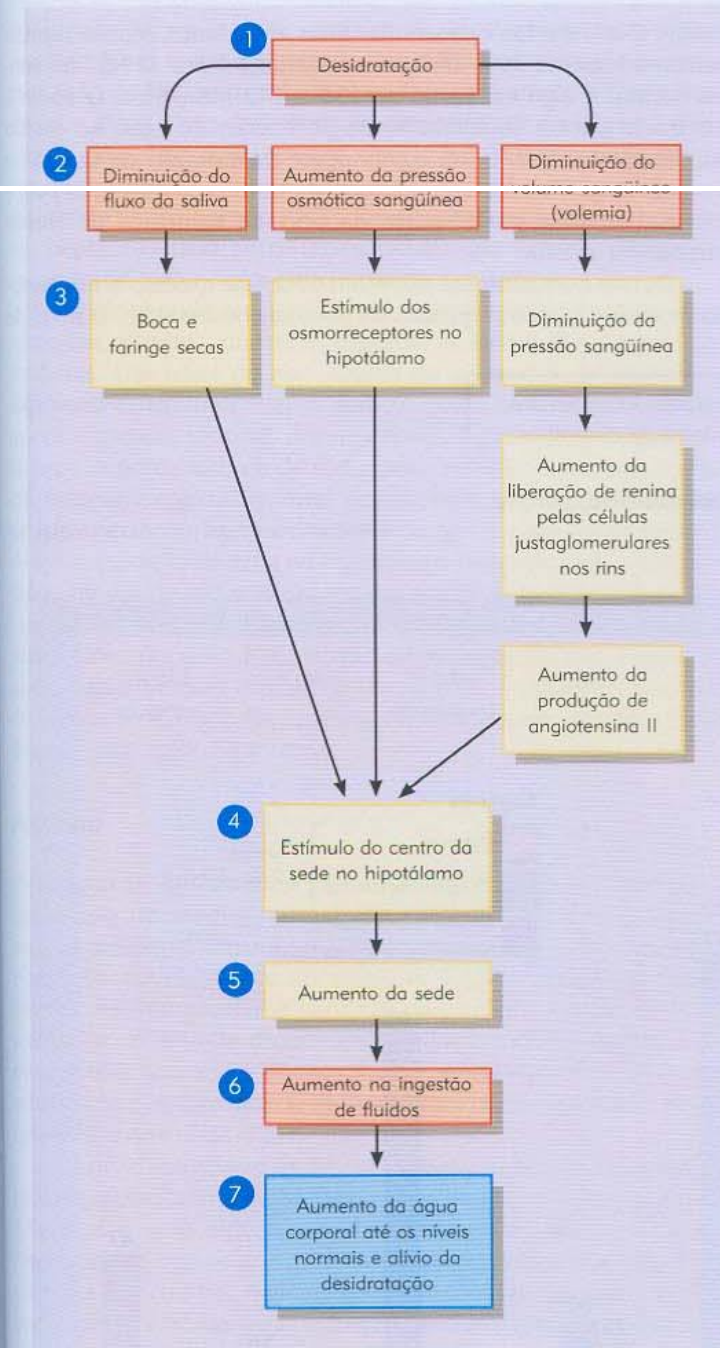
(b) Troca de água entre os compartimentos de fluidos corporais

O que é fluido corporal?

Figura 22.3 Rotas para a estimulação da sede pela desidratação.

A desidratação ocorre quando a perda de água é maior que o ganho de água.

Este é um sistema de retroalimentação negativa ou positiva? Por quê?

um aumento da perda de fluido através de uma maior perda de vapor de água nos pulmões. Vômito e diarréia resultam em perda de fluido pelo trato gastrintestinal. Finalmente, febre, transpiração excessiva e destruição de grandes áreas de pele por queimaduras trazem perda excessiva de água pela pele.

Eletrólitos

Objetivo: *Descrever as funções gerais dos eletrólitos e como eles são distribuídos.*

Os fluidos corporais contêm uma variedade de substâncias químicas dissolvidas. Algumas são compostos com ligações covalentes; isto é, os átomos que compõem a molécula compartilham elétrons, não formam íons e não conduzem corrente elétrica. Estas substâncias são chamadas de ***não-eletrólitos*** e incluem a maioria dos compostos orgânicos, como a glicose, a uréia e a creatina.

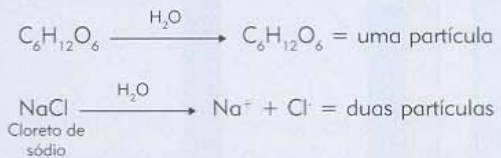
Outros compostos, chamados de ***eletrólitos*** têm ao menos uma ligação iônica. São assim chamados pois conduzem corrente elétrica. Quando são dissolvidos em algum fluido, dissociam-se em íons positivos (***cátions***) e íons negativos (***ânions***). Ácidos, bases e sais são eletrólitos. A maioria dos eletrólitos são compostos inorgânicos, mas alguns são orgânicos (por exemplo, algumas proteínas).

Os eletrólitos têm quatro funções no corpo. (1) Muitos são minerais essenciais. (2) Uma vez que são mais numerosos que os não-eletrólitos, controlam a osmose de água entre os compartimentos do corpo. (3) Auxiliam na manutenção do equilíbrio ácido-básico necessário para as atividades celulares normais. (4) Conduzem corrente elétrica, o que permite a produção de potenciais de ação e controla a secreção de alguns hormônios e neurotransmissores. As correntes elétricas também são importantes durante o desenvolvimento.

Concentração dos Eletrólitos

Na osmose, a água move-se de uma área com menor número de partículas em solução (pressão osmótica menor) para uma área com mais partículas em solução (pressão osmótica maior). A pressão osmótica é relacionada ao *número* de partículas em solução mais que ao tamanho das partículas. Um eletrólito exerce um efeito muito maior na osmose que um não-eletrólito porque um eletrólito se decompõe em pelo menos duas partículas, ambas carregadas. Suponha que o não-eletrólito glicose e o eletrólito (NaCl) sejam colocados em solução:

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{H_2O} C_6H_{12}O_6 = \text{uma partícula}$$

$$\underset{\text{Cloreto de sódio}}{NaCl} \xrightarrow{H_2O} Na^+ + Cl^- = \text{duas partículas}$$

Uma vez que a glicose não se decompõe quando dissolvida em água, uma molécula de glicose contribui somente com uma partícula para a solução. O cloreto de sódio, por outro lado, contribui com duas partículas, ou íons, e tem efeito duas vezes maior na concentração de soluto que a glicose.

Para quantificar o efeito de um eletrólito na concentração, é necessário saber sua concentração na solução. A concentração de um íon em determinado volume de solução é normalmente expressa em ***miliequivalentes por litro (mEq/litro)*** – o número total de cátions e ânions (cargas elétricas) em cada litro de solução.

Na^+ no sangue é controlado principalmente por aldosterona, hormônio antidiurético (ADH) e peptídeo atrial natriurético (ANP). A aldosterona, que é secretada pelo córtex adrenal, atua sobre os túbulos contorcidos distais e os ductos coletores do néfron dos rins, fazendo com que aumente a reabsorção de Na^+ (veja a Figura 13.15). O Na^+, então, move-se do filtrado de volta ao sangue e estabelece um gradiente osmótico que faz com que a água o siga do filtrado para o sangue, também. A aldosterona é secretada em resposta a um volume sangüíneo ou débito cardíaco reduzido, diminuição do Na^+ extracelular, aumento do potássio extracelular e estresse físico. Uma concentração diminuída de Na^+ inibe a liberação do hormônio antidiurético (ADH) pela hipófise, que, por sua vez, permite uma maior excreção de água na urina e o nível normal de Na^+ é restaurado. Os átrios do coração produzem o hormônio peptídeo atrial natriurético (ANP) qua também aumenta a excreção de Na^+ e água pelos rins.

O sódio pode ser perdido pelo corpo através de transpiração excessiva, vômitos, diarréias, ingestão de certos diuréticos e queimaduras. Um nível de Na^+ abaixo do normal pode resultar em ***hiponatremia*** (*natrium* = sódio), que é caracterizada por fraqueza muscular, tontura, dor de cabeça, hipotensão, taquicardia e choque. A perda intensa de sódio pode resultar em confusão mental, estupor e coma. Um nível de Na^+ acima do normal, chamado de ***hipernatremia***, pode ocorrer devido a uma perda excessiva de água, privação de água ou ingestão excessiva de sódio. A ingestão diária média de sódio já excede em muito as necessidades corporais diárias normais. Como o Na^+ é o principal determinante da pressão osmótica do FEC, níveis muito altos de Na^+ fazem com que a água saia das células do corpo para o FEC, resultando em desidratação celular. Os sintomas incluem sede intensa, fadiga, desconforto, agitação e coma.

Potássio

O potássio (K^+) é o cátion mais abundante no fluido intracelular. O potássio no sangue normal é 3,8 a 5,0 mEq/litro. O potássio assume um papel central no funcionamento dos tecidos muscular e nervoso. Níveis séricos anormais de K^+ têm efeito adverso nas funções neuromuscular e cardíaca. O potássio auxilia na manutenção do volume de fluidos nas células e regula o pH do fluido extracelular. Quando o K^+ move-se para o exterior da célula, ele é substituído por íons Na^+ e hidrogênio; é a mudança dos íons de hidrogênio que afeta o pH.

O nível sangüíneo de K^+ está sob o controle de mineralocorticóides, principalmente aldosterona. Quando a concentração de K^+ está alta, mais aldosterona é secretada e mais K^+ é excretado. Este processo ocorre nos túbulos contorcidos distais e nos ductos coletores dos rins por meio de secreção tubular. Quando a concentração de K^+ está baixa, a secreção de aldosterona diminui e menos K^+ é secretado na urina.

Um nível de K^+ abaixo do normal, chamado de ***hipocalemia*** (*kalium* = potássio), pode ser resultado de vômitos, diarréia, alta ingestão de sódio, doença renal ou ingestão de determinados diuréticos. Os sintomas incluem cãibras, fadiga, paralisia flácida, náusea, vômitos, confusão mental, aumento da eliminação de urina, respiração superficial e alterações no eletrocardiograma.

Um nível de K^+ acima do normal, chamado de ***hipercalemia***, caracteriza-se por irritabilidade, ansiedade, cãibras abdominais, diarréia, fraqueza (especialmente nos membros inferiores) e parestesia (sensação anormal, como ardência e formigamento). A hipercalemia também pode causar morte por fibrilação do coração.

Cálcio

O cálcio é o íon mais abundante no corpo; é principalmente um eletrólito extracelular. A maior parte do Ca^2 no corpo está combinando com o fosfato (HPO_4^{2-}) como um sal mineral. O nível normal do Ca^{2+} no sangue é cerca de 4,6 a 5,5 m Eq/litro. Aproximadamente 98% do Ca^{2+} no adulto está presente no esqueleto (e dentes), como sais de cálcio e fósforo. O restante do cálcio encontra-se em forma iônica como Ca^{2+} no fluido extracelular e nas células de todos os tecidos, especialmente dos músculos esqueléticos. O cálcio não é somente um componente estrutural dos ossos e dentes e um mensageiro secundário, mas também está envolvido na coagulação do sangue, na liberação de neurotransmissores, na manutenção do tônus muscular e na excitabilidade dos tecidos nervoso e muscular.

Os níveis sangüíneos de cálcio são regulados principalmente pelo hormônio da paratireóide (PTH) e pela calcitonina (CT) (veja a Figura 13.12). O PTH é liberado quando o nível sangüíneo de Ca^{2+} está baixo. O PTH estimula os osteoclastos a liberarem Ca^{2+} (e fosfato) na corrente sangüínea. O PTH também auxilia no aumento da absorção de Ca^{2+} do trato gastrintestinal e no aumento da taxa com que o Ca^{2+} é reabsorvido nos rins e devolvido ao sangue. A CT, da glândula tireóide, é liberada quando os níveis de Ca^{2+} no sangue estão altos. Ela diminui o nível sangüíneo de Ca^{2+} pela estimulação dos osteoblastos e pela inibição dos osteoclastos. Na presença de CT, os osteoblastos removem Ca^{2+} (e fosfato) do sangue e os depositam no osso.

Um nível anormalmente baixo de Ca^{2+} é chamado de ***hipocalcemia***. Pode ser devido a uma perda excessiva de Ca^{2+}, à ingestão reduzida de Ca^{2+}, a níveis elevados de fosfato (um sobe, o outro desce) ou à regulação alterada como a que pode ocorrer no hipoparatireoidismo. É caracterizada por falta de sensibilidade e formigamento dos dedos, reflexos hiperativos, cãibras musculares, tetania e convulsões; pode também levar a fraturas ósseas. A hipocalcemia pode causar espasmos dos músculos da laringe que podem levar à morte por asfixia.

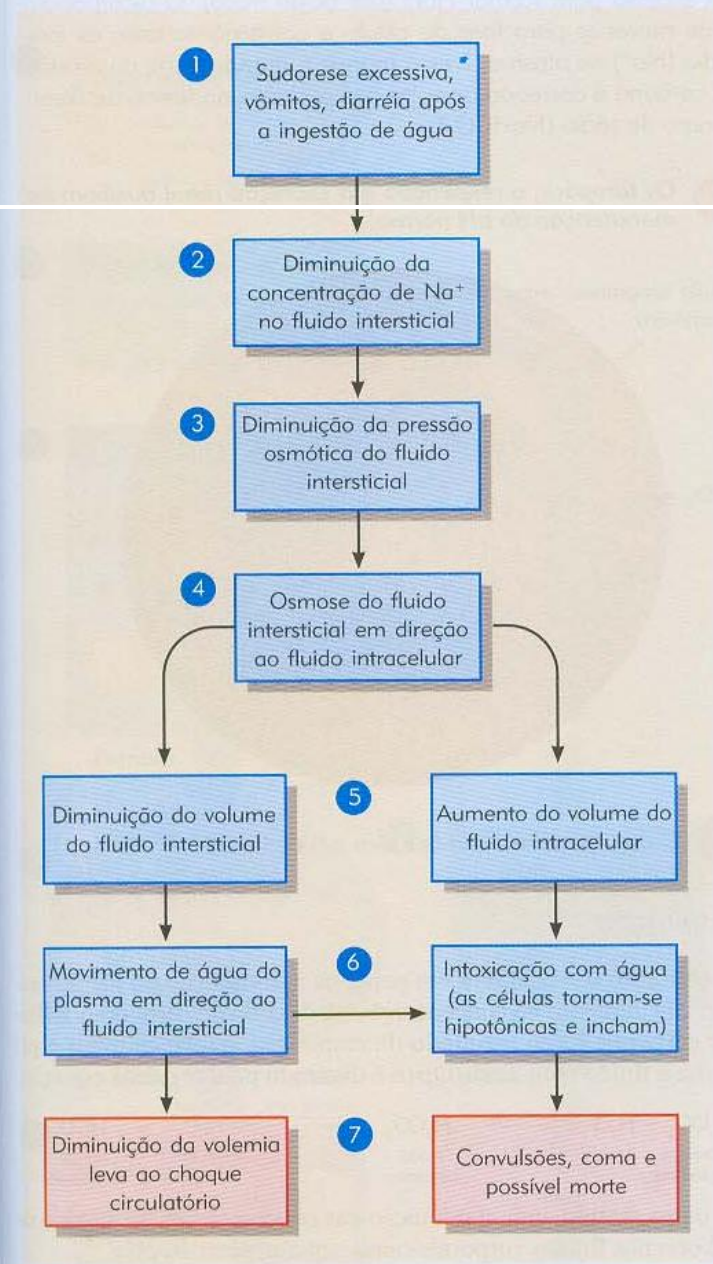
A ***hipercalcemia***, um nível anormalmente alto de Ca^{2+}, é caracterizada por letargia, fraqueza, anorexia, náusea, vômitos, poliúria, coceira, dores ósseas, depressão, confusão, parestesia, estupor e coma.

Magnésio

O magnésio (Mg^{2+}) é, primariamente, um eletrólito intracelular. A concentração sangüínea normal de Mg^{2+} varia entre 1,3 e 2,1 mEq/litro. Em um adulto, aproximadamente 50% do Mg^{2+} corporal está presente nos ossos; ao redor de 45% está no fluido intracelular e os outros 5% encontram-se no fluido extracelular. O magnésio ativa enzimas para o metabolismo de carboidratos e proteínas, desencadeia a bomba de sódio-potássio e ajuda a preservar as estruturas do DNA, do RNA e dos ribossomos. Ele é também importante na atividade neuromuscular, na transmissão neural no sistema nervoso central e no funcionamento do miocárdio.

O nível de magnésio é regulado pela aldosterona. Quando a concentração de Mg^{2+} é baixa, o aumento da secreção de aldosterona decorrente atua nos rins de forma a aumentar a reabsorção de Mg^{2+}.

Figura 22.5 Inter-relações entre o desequilíbrio fluido e o desequilíbrio de Na^+.

A perda de Na^+ resulta na perda de água.

Quais os efeitos da intoxicação com água?

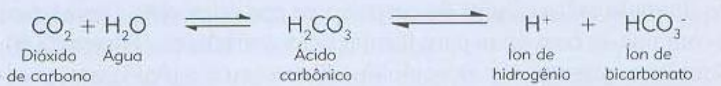
1. Ambos, água corporal e Na^+, são perdidos durante uma sudorese excessiva, vômitos ou diarréia. Se o fluido perdido é reposto pela ingestão de água pura, os fluidos corporais ficam mais diluídos.
2. Esta diluição pode causar a queda na concentração de Na^+ abaixo dos níveis normais (hiponatremia), inicialmente no plasma, e mais tarde no fluido intersticial.
3. Quando a concentração de Na^+, diminui a pressão osmótica do fluido intersticial também diminui.
4. O resultado é a osmose da água do fluido intersticial para o fluido intracelular.
5. Este movimento de água gerado pela osmose tem duas conseqüências graves. O primeiro efeito é a diminuição do volume de fluido intersticial. O segundo efeito é o aumento do volume de fluido intracelular.
6. Uma diminuição no volume de fluido intersticial provoca um movimento de água do plasma em direção ao fluido intracelular. O aumento no volume do fluido extracelular causa um inchaço das células, uma condição chamada de ***intoxicação por água***.
7. À medida que a água se move para fora do plasma, diminui o volume sangüíneo (volemia), o que pode levar ao choque circulatório. Entre os sintomas da intoxicação por água estão a desorientação, as convulsões, o coma e a possível morte.

Para prevenir-se contra esta seqüência de eventos em casos de perda intensa de eletrólitos e água, soluções administradas para terapia de reidratação via intravenosa ou oral, incluem uma pequena quantidade de sal de cozinha (NaCl).

Equilíbrio Ácido-básico

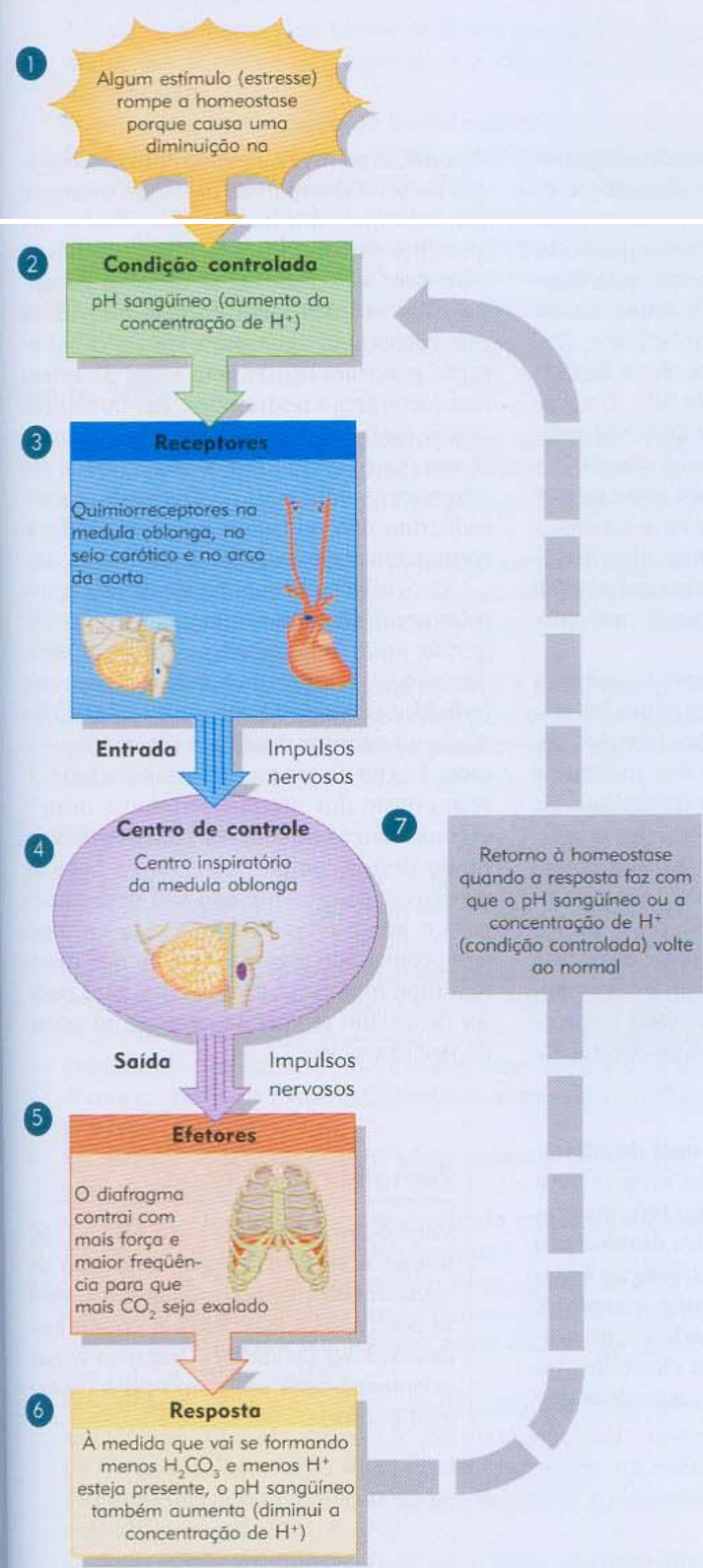
Objetivo: Explicar como os tampões, a respiração e a excreção renal auxiliam na manutenção do pH.

Antes da leitura desta seção, você deve revisar a discussão sobre ácidos, bases e pH, no Capítulo 2. Além do controle do movimento da água, os eletrólitos auxiliam na regulação do equilíbrio ácido-básico corporal. O equilíbrio ácido-básico geral depende da concentração do íon de hidrogênio (H^+) nos fluidos corporais, particularmente o fluido extracelular. Lembre-se de que os ácidos se ionizam para produzir H^+. A maior parte do H^+ é produzido como resultado das atividades metabólicas das células. Por exemplo, durante a respiração aeróbica da glicose, é produzido dióxido de carbono (CO_2). Ele se combina com água no fluido extracelular para formar ácido carbônico (H_2CO_3), que se degrada em H^+ e íons de bicarbonato (HCO_3^-):

$$\underset{\text{Dióxido de carbono}}{CO_2} + \underset{\text{Água}}{H_2O} \rightleftharpoons \underset{\text{Ácido carbônico}}{H_2CO_3} \rightleftharpoons \underset{\text{Íon de hidrogênio}}{H^+} + \underset{\text{Íon de bicarbonato}}{HCO_3^-}$$

Em uma pessoa saudável, o pH do fluido extracelular fica entre 7,35 e 7,45. A homeostase desta faixa estreita é essencial para a sobrevivência e depende de três mecanismos principais: os sistemas de tampões, a respiração e a excreção renal.

Sistemas de Tampões

A maioria dos ***sistemas de tampões*** humanos consiste de um ácido fraco e uma base fraca que funcionam para evitar mudanças drásticas no pH de um fluido corporal a partir da alteração brusca de ácidos e bases fortes em ácidos e bases fracas. Um ácido forte dissocia-se em H^+ mais facilmente que um ácido fraco. Dessa forma, os ácidos fortes baixam mais o pH que ácidos fracos porque contribuem com mais H^+. Da mesma forma, bases fortes aumentam o pH mais que bases fracas porque as primeiras dissociam-se mais facilmente em OH^-. Os principais sistemas de tampões são o sistema de ácido carbônico-bicarbonato, o sistema de fosfato, o sistema hemoglobínico e o sistema protéico.

Figura 22.7 Regulação por retroalimentação positiva do pH sangüíneo pelo sistema respiratório.

Se você retiver sua respiração por 30 segundos, o que irá acontecer ao seu pH sangüíneo?

res). Isto, por sua vez, estimulará a área inspiratória na medula oblonga (centro de controle). Como resultado, o diafragma e outros músculos da respiração (efetores) irão contrair-se com maior força e freqüência, aumentando assim a taxa e a intensidade respiratórias para que mais CO_2 seja exalado. Como se forma menos H_2CO_3 e menos H^+ estará presente, ocorrerá um aumento do pH sangüíneo (resposta). O mesmo efeito ocorre se a concentração de dióxido de carbono aumenta. O aumento da respiração remove mais dióxido de carbono sangüíneo para reduzir a concentração de H^+. Por outro lado, se o pH sangüíneo aumenta, ou se diminui (resposta) a concentração de CO_2, o centro respiratório é inibido e, como conseqüência, diminui a respiração. A diminuição da respiração permite um acúmulo de CO_2 no sangue e um aumento da concentração de H^+.

O mecanismo respiratório pode, normalmente, eliminar mais ácidos ou bases que todos os tampões combinados.

Excreção Renal

O papel dos rins na manutenção do pH foi discutido na página 497. Este se dá, principalmente, pela secreção de H^+ no filtrado renal.

Desequilíbrio Ácido-básico

Na ***acidose***, o pH sangüíneo cai abaixo de 7,35. Na ***alcalose***, o pH aumenta acima de 7,45. Uma mudança no pH sangüíneo que leva à alcalose ou acidose pode ser compensada para retornar o pH ao normal. A ***compensação*** refere-se à resposta fisiológica ao desequilíbrio ácido-básico que tenta normalizar o pH sangüíneo. Se uma pessoa apresenta um pH alterado devido a causas metabólicas, os mecanismos respiratórios (hiper ou hipoventilação) podem auxiliar na compensação da alteração. A compensação respiratória ocorre dentro de minutos e atinge seu ápice dentro de horas. Contrariamente, se uma pessoa apresenta um pH alterado devido a causas respiratórias, mecanismos metabólicos (excreção renal de H^+ ou absorção de HCO_3^-) podem compensar a alteração. As compensações metabólicas podem ser desencadeadas em minutos, mas levam dias até se maximizar.

A acidose e a alcalose afetam o corpo de diferentes maneiras. O principal efeito fisiológico da acidose é a depressão do sistema nervoso central através da depressão da transmissão sináptica. Um pH sangüíneo abaixo de 7 causa desorientação e coma. De fato, pacientes apresentando acidose grave geralmente morrem em um estado de coma. Por outro lado, o principal efeito fisiológico da alcalose é hiperexcitabilidade do sistema nervoso através da facilitação da transmissão sináptica. A hiperexcitabilidade ocorre no sistema nervoso central e nos nervos periféricos. Os nervos conduzem impulsos repetitivamente, mesmo quando não estimulados, causando nervosismo, espasmos musculares e até mesmo convulsões e morte.

Resumo dos Estudos

mpartimentos de Fluidos e Equilíbrio de Fluidos (p. 509)

1. O fluido corporal refere-se à água e a todas as substâncias nela dissolvidas.
2. Aproximadamente dois terços do fluido corporal está localizados no interior das células e é chamado de fluido intracelular.
3. O outro terço é chamado de fluido extracelular. Ele inclui o fluido intersticial, o plasma, a linfa, o cerebrospinhal, o líquido sinovial (sinóvia), os fluidos dos olhos e das orelhas, o filtrado glomerular, os líquidos pleural, pericárdio e peritoneal.
4. O equilíbrio de fluidos significa que a proporção de água em cada compartimento de fluidos se encontra em homeostase.
5. O equilíbrio de fluidos e o equilíbrio eletrolítico são inseparáveis.

ua (p. 509)

1. A água é isoladamente o constituinte mais abundante do corpo, constituindo aproximadamente 60% do peso corporal dependendo da quantidade de gordura presente e da idade.
2. As fontes primárias de entrada de fluidos são a ingestão de líquidos e alimentos e a água produzida pelo catabolismo.
3. Os canais de saída de fluidos são os rins, a pele, os pulmões e o trato gastrintestinal.
4. O estímulo para a ingestão de água é a desidratação, que causa a sensação de sede. Em condições normais, a perda de água é ajustada pela aldosterona, pelo hormônio antidiurético (ADH) e pelo peptídeo atrial natriurético (ANP).

etrólitos (p. 511)

1. Os eletrólitos são substâncias químicas que se dissolvem nos fluidos corporais e se dissociam em cátions (íons positivos) e ânions (íons negativos) por causa de suas ligações iônicas.
2. Os eletrólitos têm quatro funções no corpo: como minerais essenciais para o metabolismo normal, controlam apropriadamente o movimento dos fluidos entre os compartimentos, auxiliam na regulação do pH e transmitem corrente elétrica.
3. A concentração de eletrólitos é expressa em miliequivalentes por litro (mEq/litro).
4. Os eletrólitos têm um maior efeito sobre a osmose que os não-eletrólitos.
5. O plasma, o fluido intersticial e o fluido intracelular contêm vários tipos e quantidades de eletrólitos.
6. O sódio (Na^+) é o íon extracelular mais abundante. Ele está envolvido na transmissão dos impulsos nervosos e nas contrações musculares e cria a maior parte da pressão osmótica dos fluidos extracelulares.
7. O potássio (K^+) é o cátion mais abundante do fluido intracelular. Ele está envolvido na manutenção do volume de fluidos, na condução dos impulsos nervosos, na contração muscular e na regulação do pH. Seu nível é controlado pela aldosterona, ADH, e ANP.
8. O cálcio (Ca^{2+}) é o mineral mais abundante no corpo humano. É, na maior parte, não-iônico e é um componente estrutural dos ossos e dos dentes. Uma parte do cálcio é iônica e está localizada no fluido extracelular e nas células de todos os tecidos, especialmente os músculos estriados esqueléticos. O cálcio também participa na coagulação sangüínea, na liberação de neurotransmissores, na contração muscular, na secreção e nos batimentos cardíacos. Seu nível é controlado pelo hormônio da paratireóide (PTH) e pela calcitonina (CT).
9. O magnésio (Mg^{2+}) é, primariamente, um eletrólito intracelular que ativa vários sistemas enzimáticos. Seu nível é controlado pela aldosterona.
10. O cloro (Cl^-) é o maior ânion extracelular. Ele assume um papel na regulação da pressão osmótica e na formação de HCl. Seu nível é controlado indiretamente pela aldosterona.
11. O fosfato (HPO_4^{2-}) é principalmente um íon intracelular e é um componente estrutural dos ossos e dos dentes. Ele também é necessário para a síntese dos ácidos nucléicos e do ATP, além das reações de tamponamento. Seu nível é controlado pelo PTH e pela CT.

Movimento dos Fluidos Corporais (p. 514)

1. Na extremidade arterial de um capilar, os fluidos movem-se do plasma em direção ao fluido intersticial (filtração). Na extremidade venosa de um capilar, os fluidos se movem na direção oposta (reabsorção). Este movimento ocorre como resultado da difusão e do *bulk flow*.
2. Existe um estado de equilíbrio aproximado entre os fluidos filtrados e reabsorvidos nas extremidades arterial e venosa dos capilares mais o fluido drenado pelo sistema linfático.
3. O movimento dos fluidos entre os compartimentos intersticial e intracelular ocorre por meio da osmose e é dependente do movimento do sódio.
4. O desequilíbrio de fluidos entre os compartimentos intersticial e intracelular pode levar à intoxicação por água e ao choque circulatório.

Equilíbrio Ácido-básico (p. 515)

1. O equilíbrio ácido-básico geral do corpo é mantido por meio do controle da concentração de H^+ nos fluidos corporais, especialmente nos fluidos extracelulares.
2. O pH normal dos fluidos extracelulares varia de 7,35 até 7,45.
3. A homeostase do pH é mantida pelos tampões, pela respiração e pela excreção renal.
4. Os sistemas de tampão importantes incluem o ácido carbônico-bicarbonato, o fosfato, o hemoglobínico e o protéico.
5. Um aumento da taxa respiratória causa um aumento do pH sangüíneo. Uma diminuição na taxa respiratória baixa o pH sangüíneo.

Desequilíbrios Ácido-básicos (p. 517)

1. A acidose é um pH sangüíneo abaixo de 7,35. Seu efeito principal é a depressão do sistema nervoso central (SNC).
2. A alcalose é um pH sangüíneo acima de 7,45. Seu efeito principal é a hiperexcitação do SNC.

5. Ed tinha muitos compromissos naquele dia de trabalho. Ele conseguiu ingerir algum comida nos intervalos de seus compromissos, mas agora está sofrendo com acidez gástrica. Ele planeja tomar um antiácido assim que chegar em casa. Como uma solução de bicarbonato de sódio poderá ajudar seus problemas gástricos?
6. Uma paciente foi hospitalizada com insuficiência renal devido a complicações durante a gestação. Como seu corpo poderá compensar o aumento do seu pH sangüíneo?

Respostas às Perguntas das Figuras

2.1 Água mais as substâncias dissolvidas.
2.2 Todos aumentariam a perda de fluidos.
2.3 Negativo, porque o resultado (um aumento na ingestão de fluidos) é oposto ao estímulo inicial (desidratação).
2.4 Principal cátion = Na^+; principal ânion = Cl^-.

22.5 Desorientação, convulsões, coma e até mesmo a morte.
22.6 Eles previnem contra mudanças drásticas no pH por transformar ácidos e bases fortes em ácidos e bases fracas.
22.7 Diminuirá levemente à medida que CO_2 e H^+CO_2 e H^+ se acumulam.

A ***reprodução*** é o processo pelo qual novos indivíduos de uma espécie são produzidos e o material genético é passado de geração a geração. Isto mantém a continuidade das espécies. A divisão celular em um organismo multicelular é necessária para o reparo e o crescimento e envolve a passagem de material genético de células paternas para células filhas.

Os órgãos dos sistemas genitais masculino e feminino podem ser agrupados por função. (1) Os testículos e os ovários, também chamados de ***gônadas*** (*gonos* = sementes), produzem os gametas – espermatozóides e ovócitos, respectivamente. As gônadas também secretam hormônios. (2) Os *ductos* dos sistemas genitais transportam e armazenam os gametas. (3) As ***glândulas sexuais acessórias*** produzem materiais que sustentam os gametas. (4) Finalmente, muitas ***estruturas de suporte*** têm papéis variados na reprodução.

Sistema Genital Masculino

Objetivo: *Descrever a estrutura e as funções dos órgãos genitais masculinos.*

Os órgãos do sistema genital masculino são: os testículos (gônadas masculinas), que produzem os espermatozóides e hormônios; os ductos, que armazenam ou transportam os espermatozóides para o exterior; as glândulas sexuais acessórias, que secretam o sêmen; e as várias estruturas de suporte, incluindo o pênis (Figura 23.1).

Escroto

O ***escroto*** (*scrotum* = saco) é uma bolsa que suporta os testículos; consiste de pele frouxa, fáscia superficial e musculatura lisa (Figura 23.1). Internamente, ele está dividido por um septo, em dois sacos, cada um contendo um único testículo.

A localização do escroto e a contração das suas fibras musculares regulam a temperatura dos testículos. A produção e sobrevivência dos espermatozóides requer uma temperatura abaixo da temperatura sangüínea normal. Como o escroto se localiza fora das cavidades corporais, ele proporciona um ambiente por volta de 3°C abaixo da temperatura corporal. Na exposição ao frio, ou durante a excitação sexual, os músculos esqueléticos se contraem para elevar os testículos, movendo-os para perto da cavidade pélvica, onde eles podem absorver calor corporal. A exposição ao calor reverte o processo.

Testículos

Os ***testículos***, ou ***testes*** (*testi* é o singular), são um par de glândulas ovais que se desenvolvem na parede abdominal posterior do embrião, e, geralmente, iniciam sua descida ao escroto durante o 1º mês do desenvolvimento fetal. Quando os testículos não descem, a condição é descrita como ***criptorquidismo***.

Os testículos são cobertos por uma densa cápsula fibrosa branca que se extende para o interior, dividindo cada testículo em compartimentos internos chamados *lóbulos* (Figura 23.2a). Cada um dos 200-300 lóbulos contém de 1 a 3 ***túbulos seminíferos*** (*semen* = semente; *ferre* = carregar), altamente espiralados, que produzem os espermatozóides por um processo chamado de espermatogênese. Este processo será considerado em breve.

Os túbulos seminíferos são revestidos com as células espermatogênicas (formadoras de espermatozóides) em vários estágios de desenvolvimento (Figura 23.2b). As células espermatogênicas mais imaturas, chamadas de ***espermatogônias*** (*gonium* = geração, prole), se posicionam contra a membrana basal em direção à superfície dos túbulos. Em direção à luz dos túbulos estão camadas de células progressivamente mais maduras; em ordem crescente de maturidade, os espermatócitos primários, os espermatócitos secundários, as espermátides e os espermatozóides. Logo antes de atingir a maturidade completa, o ***espermatozóide*** é liberado no lúmen do túbulo e inicia seu movimento através de uma série de ductos.

Entre os espermatozóides em desenvolvimento nos túbulos estão as ***células de Sertoli*** ou de ***sustentação***. Estas células suportam, protegem e nutrem as células espermatogênicas em desenvolvimento; fagocitam células espermatogênicas degeneradas; e secretam o hormônio inibina que auxilia na regulação da produção de espermatozóides pela inibição da secreção de hormônio folículo-estimulante (FSH). Entre os túbulos seminíferos estão grupos de ***células intersticiais de Leydig (endocrinócitos intersticiais)***. Estas células secretam o hormônio masculino testosterona, que é o mais importante andrógeno (uma substância que controla o desenvolvimento das características masculinas).

Espermatogênese

Objetivo: *Descrever como os espermatozóides são produzidos.*

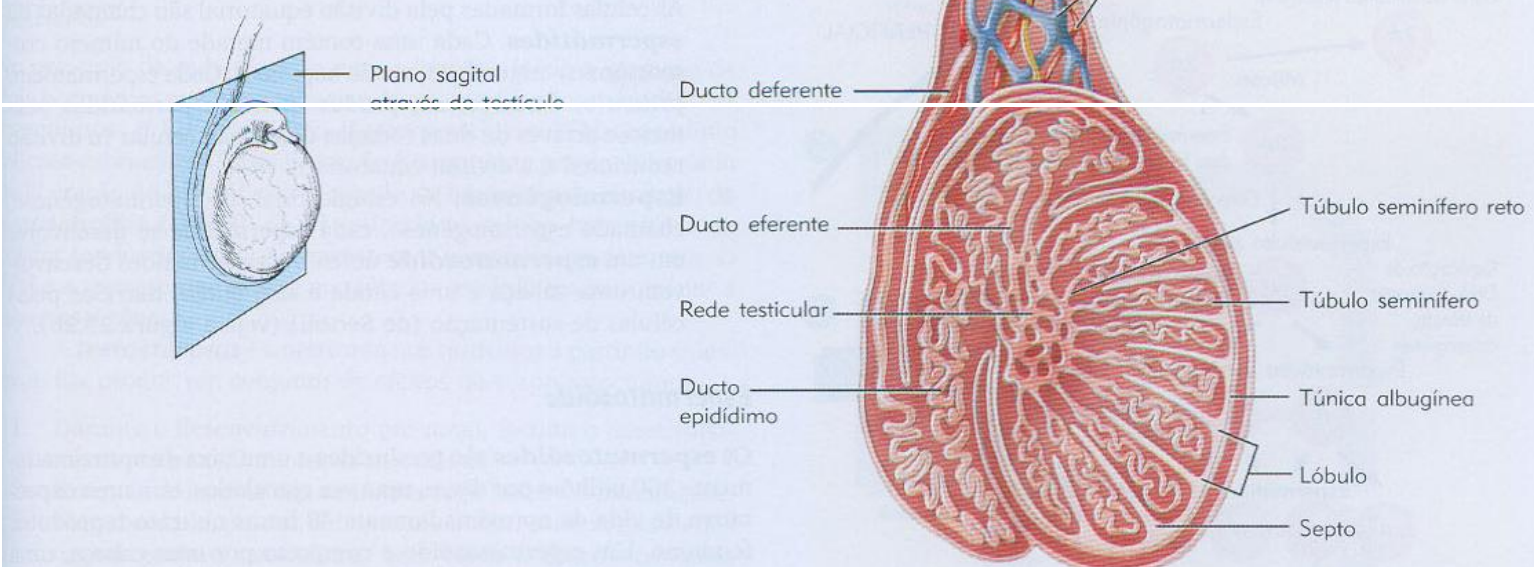
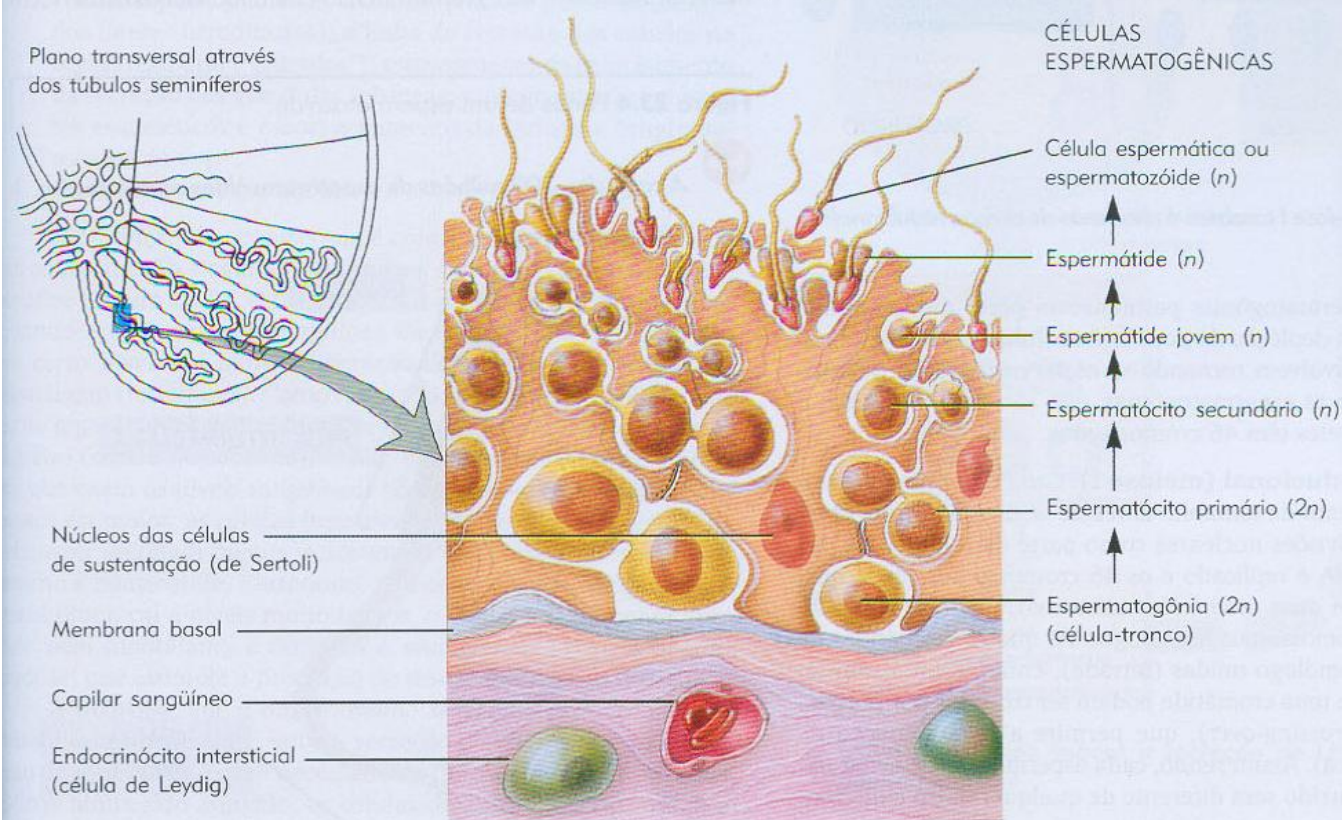
O processo pelo qual os túbulos seminíferos dos testículos produzem os espermatozóides é chamado de ***espermatogênese***. Ela consiste de três estágios: a divisão reducional (meiose I), a divisão equatorial (meiose II) e a espermiogênese.

Meiose: Visão Geral Na reprodução sexuada, um novo organismo é produzido pela união e fusão de duas células diferentes, produzidas por cada um dos pais. Estas células, chamadas de ***gametas*** (*gameto* = muitos), são os ovócitos secundários (ovo maduro em potencial) produzidos nas gônadas femininas (ovários), e os espermatozóides, produzidos nas gônadas masculinas (testículos). A união e fusão dos gametas é chamada de ***fertilização*** e a célula assim produzida é chamada de ***zigoto*** (*zigose* = junção, união). O zigoto contém uma mistura de cromossomos (DNA) dos dois pais e, através de suas repetidas divisões mitóticas, desenvolve-se em um novo organismo.

Os gametas se diferem de todas as outras células corporais (células somáticas) por conterem o ***número cromossômico haplóide*** (*metade*) 23, que representa um conjunto de cromossomos únicos (não em pares). Este número é simbolizado por n. Células somáticas, como as do cérebro, do estômago, dos rins, etc., contêm 46 cromossomos no seu núcleo. Dos 46 cromossomos, 23 são um conjunto completo de um dos pais e que contém uma cópia de cada um dos genes necessários para a realização das atividades celulares. Os outros 23 cromossomos são outro conjunto proveniente do outro pai, que codifica para as mesmas características. Devido às células somáticas apresentarem 2 conjuntos (complementos) cromossômicos, elas são chamadas de ***células diplóides***, simbolizadas por $2n$. Em uma célula diplóide, os dois cromossomos que pertencem a um mesmo par são chamados de ***cromossomos homólogos***.

Se os gametas tivessem o mesmo número cromossômico das células somáticas, o zigoto formado a partir de sua fusão teria o seu número diplóide dobrado, ou seja, teria atingido 92, sendo que, a

Figura 23.2 Anatomia dos testículos. Os estágios da espermatogênese são mostrados em (b). As setas em (b) indicam a progressão das células espermatogênicas menos maduras para as mais maduras. o (*n*) e (2*n*) referem-se ao número de cromossomos haplóide e diplóide, o que será descrito mais adiante.

Os testículos são gônadas masculinas que produzem espermatozóides haplóides.

(a) Secção sagital de um testículo mostrando a organização dos túbulos seminíferos

(b) Secção transversal de uma porção de um túbulo seminífero

Quais células espermatogênicas, em um túbulo seminífero, são a mais e a menos madura?

= acima), que contém enzimas que auxiliam o espermatozóide a penetrar o ovócito secundário. As mitocôndrias, na peça intermediária do espermatozóide, sustentam o metabolismo que fornece energia para a locomoção. A ***cauda***, que é um flagelo típico, propele o espermatozóide.

Testosterona e Inibina

Objetivo: *Explicar as funções dos hormônios do sistema genital masculino.*

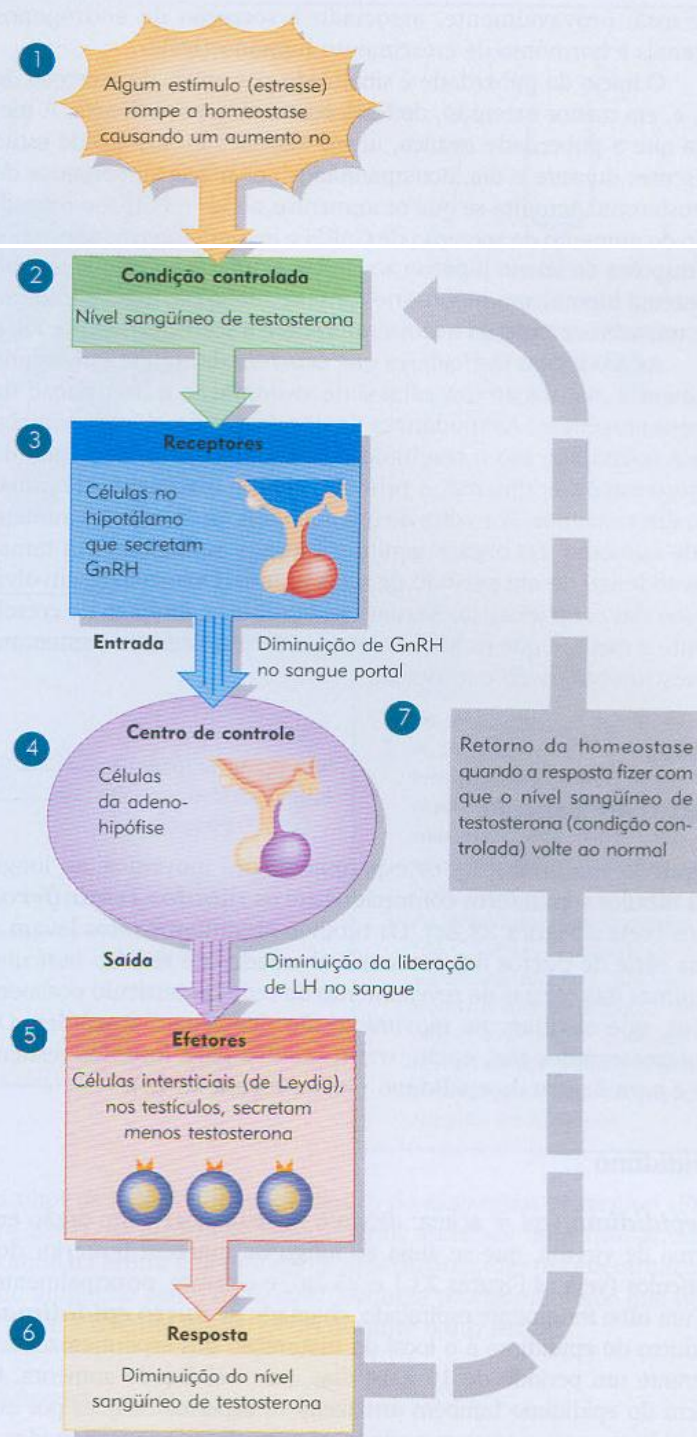
No princípio da puberdade, a adeno-hipófise inicia a secreção de dois hormônios que têm efeitos profundos nos órgãos reprodutores masculinos: o LH (hormônio luteinizante) e o FSH (hormônio folículo-estimulante). Sua liberação é controlada por um hormônio de liberação do hipotálamo chamado de hormônio de liberação da gonadotrofina (GnRH). O LH estimula as células intersticiais de Leydig (endocrinócitos) a secretarem o hormônio testosterona. O FSH e a testosterona atuam nos túbulos seminíferos para iniciar a espermatogênese.

A ***testosterona*** é sintetizada nos testículos a partir do colesterol. Ela produz um conjunto de efeitos no corpo masculino:

1. Durante o desenvolvimento pré-natal, facilita o desenvolvimento da genitália interna masculina.
2. Estimula a descida dos testículos logo antes do nascimento.
3. Na puberdade, produz o desenvolvimento e um aumento dos órgãos genitais masculinos, bem como o desenvolvimento das características sexuais secundárias masculinas. Estas incluem os pelos pubianos, axilares, faciais e peitorais (dentro dos limites hereditários); a linha de recessão dos cabelos na região temporal ("entradas"); espessamento da pele; aumento da secreção das glândulas sebáceas; crescimento dos músculos esqueléticos e ossos; e aumento da laringe e "engrossamento" da voz.
4. Estimula a taxa metabólica e é a base para a libido.

A produção de testosterona é controlada por um sistema de retroalimentação negativa em ambos o hipotálamo e a adeno-hipófise (Figura 23.5). O LH estimula a produção de testosterona. Quando a concentração sangüínea de testosterona aumenta até um certo nível, ela inibe a liberação de GnRH pelas células do hipotálamo (receptores). Como resultado, existe menos GnRH fluindo do hipotálamo à adeno-hipófise (entrada). As células da adeno-hipófise (centro de controle), então, liberam menos LH de tal forma que caem os níveis sangüíneos sistêmicos de LH (saída). Com menos estímulos, as células intersticiais (de Leydig) nos testículos (efetores) secretam menos testosterona (resposta) ocorrendo um retorno à homeostase. Entretanto, se a concentração sangüínea de testosterona cai a níveis muito baixos, o GnRH é novamente liberado pelo hipotálamo e estimula a secreção de LH pela adeno-hipófise, que estimula a produção de testosterona pelos testículos.

A ***inibina***, que é um hormônio secretado pelas células de sustentação (de Sertoli), inibe a secreção de FSH. Uma vez que o grau de espermatogênese necessário às funções reprodutivas masculinas tenha sido atingido, as células de sustentação secretam inibina. A inibina retroalimenta negativamente a adeno-hipófise para inibir o FSH e, assim, diminuir a espermatogênese. Se a espermatogênese ocorre muito lentamente, a falta de produção de inibina permite a secreção de FSH e um aumento na taxa de espermatogênese.

Figura 23.5 Controle por retroalimentação negativa do nível sangüíneo de testosterona. A produção de testosterona é controlada por um sistema de retroalimentação negativa que envolve o hipotálamo e a adeno-hipófise.

P *Quais hormônios inibem a secreção de LH e FSH pela adeno-hipófise?*

Puberdade Masculina

A ***puberdade*** (*puber* = idade do hormônio)refere-se ao período no qual as características sexuais secundárias iniciam seu desenvolvimento e atinge-se o potencial para a reprodução sexual. A puberdade masculina inicia-se, em média, aos 10 a 11 anos e termina,

igura 23.6 Órgãos genitais masculinos em relação às estruturas circundantes.

As glândulas sexuais acessórias secretam a maior parte da porção líquida do sêmen.

RESUMO DAS SECREÇÕES DAS GLÂNDULAS SEXUAIS ACESSÓRIAS

1. As vesículas seminais secretam um fluido alcalino viscoso que auxilia na neutralização do ácido no trato genital feminino, fornece nutrientes para a produção de ATP pelos espermatozóides, contribui para a mobilidade e a viabilidade, e auxilia na coagulação do sêmen após a ejaculação.
2. A próstata secreta um fluido leitoso, levemente ácido, que auxilia na coagulação do sêmen após a ejaculação e subseqüentemente dissolve o coágulo.
3. As glândulas bulbouretrais (de Cowper) secretam uma substância alcalina, que neutraliza o ambiente ácido da uretra, e um muco, que lubrifica o revestimento da uretra e a extremidade do pênis durante o ato sexual.

O que é sêmen?

A ***próstata*** é uma glândula única em forma de anel, do amanho aproximado de uma noz (Figura 23.6). Está localizada ibaixo da bexiga urinária, circundando a porção superior da uretra. A próstata aumenta lentamente de tamanho desde o nascimento até a puberdade, ocorrendo, então, uma fase de rápido crescimento. O tamanho alcançado por volta da terceira década de vida, permanece estável até por volta dos 45 anos, quando pode ocorrer algum tipo de crescimento (veja Doenças da Próstata, na p. 544). A próstata secreta um fluido leitoso, levemente ácido, que contém nutrientes (utilizados pelos espermatozóides para a produção de ATP) e várias enzimas, tais como o antígeno próstata-específico (PSA), lisozimas e enzimas de coagulação. O PSA e as enzimas de coagulação liquefazem o sêmen coagulado. As secreções da próstata entram na uretra através de muitos dúctulos prostáticos. Elas perfazem aproximadamente 25% do volume de sêmen e contribuem para a viabilidade e a mobilidade dos espermatozóides.

As ***glândulas bulbouretrais*** ou ***de Cowper*** pareadas são do tamanho de uma ervilha. Localizam-se abaixo da próstata em ambos os lados da uretra e dentro do diafragma urogenital (Figura 23.6). As glândulas bulbouretrais secretam uma substância alcalina na uretra que protege os espermatozóides pela neutralização do ambiente ácido da uretra. Também produzem muco que lubrifica as extremidade do pênis durante o ato sexual.

Sêmen

O ***sêmen*** (*semen* = costurar) é uma mistura de espermatozóides e secreções das vesículas seminais, da próstata e das glândulas bulbouretrais. O volume médio de sêmen a cada ejaculação é de 2,5 a 5 ml, e a quantidade de espermatozóides ejaculados é de 50 a 150 milhões/ml. Quando o número de espermatozóides cai abaixo de 20 milhões/ml, é provável que o homem seja infértil. Este grande número é necessário porque apenas uma pequena porcentagem consegue alcançar o ovócito secundário. Além disso, embora um único espermatozóide fertilize o ovócito secundário, o processo de fertilização necessita da ação combinada de um grande nú-

e grandes quantidades de sangue entram nos seios, resultando em uma **ereção**, um reflexo parassimpático. Detalhes das respostas sexuais masculinas serão apresentados no próximo capítulo. Um esfincter de músculo liso na base da bexiga urinária se fecha durante a ejaculação para evitar a mistura de urina ácida com o sêmen na uretra, o que imobilizaria os espermatozóides. O esfincter também evita que o sêmen entre na bexiga urinária.

A extremidade distal do corpo esponjoso é uma região levemente aumentada chamada de ***glande*** do pênis, em forma de avelã. Na glande está a abertura da uretra (*óstio externo da uretra*) para o exterior. Recobrindo a glande está o *prepúcio* do pênis, a pele frouxa.

A **circuncisão** (*circumcido* = cortar em volta) é um procedimento cirúrgico no qual o prepúcio é parcial ou totalmente removido. É geralmente feita logo após o nascimento, no terceiro ou quarto dia de vida, ou no oitavo dia de vida, como parte de um ritual religioso judaico.

Sistema Genital Feminino

Objetivo: *Descrever a estrutura e as funções dos órgãos genitais femininos.*

Os órgãos femininos de reprodução incluem os ovários (gônadas femininas), que produzem ovócitos secundários (células que se desenvolvem em óvulos maduros, ou ovos, após a fertilização) e os hormônios sexuais femininos, progesterona e estrógenos, inibina e relaxina; as tubas uterinas (de Falópio) que transportam o óvulo ao útero; a vagina; os órgãos externos – a vulva ou o pudendo (Figura 23.8). As glândulas mamárias também são consideradas parte do sistema genital feminino.

Figura 23.8 Órgãos genitais femininos e estruturas circundantes.

Os órgãos genitais femininos incluem os ovários, as tubas uterinas (de Falópio), o útero, a vagina, a vulva e as glândulas mamárias.

Plano sagital através da pelve

Sacro
Ligamento uterossacral
Parte posterior do fórnice da vagina
Colo
Cóccix
Reto
Ânus
Tuba uterina
Ovário
Útero
Ligamento redondo do útero
Bexiga urinária
Sínfise púbica
Monte do púbis
Clitóris
Uretra
Lábio maior do pudendo
Óstio externo da uretra
Vagina
Lábio menor do pudendo

Secção sagital

RESUMO DAS FUNÇÕES DO SISTEMA GENITAL FEMININO

1. Os ovários produzem ovócitos secundários e hormônios, inclusive progesterona e estrógenos (hormônios sexuais femininos), inibina e relaxina.
2. As tubas uterinas transportam o ovócito secundário até o útero e normalmente é no seu interior que ocorre a fertilização.
3. O útero é o local de implantação do óvulo fertilizado, desenvolvimento do feto durante a gravidez e trabalho de parto.
4. A vagina recebe o pênis durante o ato sexual e é o canal de nascimento.
5. As glândulas mamárias sintetizam, secretam e ejetam o leite para nutrição do recém-nascido.

P ***Que termo é usado para designar os órgãos externos de uma mulher?***

Figura 23.10 Histologia do ovário. As setas indicam a seqüência dos estágios de desenvolvimento que ocorrem como parte do ciclo ovariano.

 Os ovários são as gônadas femininas; eles produzem ovócitos haplóides.

Plano frontal através do ovário

Folículo primário

Folículo secundário

Epitélio germinativo

Córtex do estroma

Vasos sangüíneos no hilo do ovário

Medula do estroma

Fluido folicular

Folículo maduro (de Graaf)

Corpo hemorrágico (folículo roto)

Coroa radiada

Ovulação resulta na liberação do ovócito secundário

Corpo albicante

Coágulo sangüíneo

Corpo lúteo maduro

Corpo lúteo jovem

Secção frontal

Que estruturas ovarianas contêm tecido endócrino e quais os hormônios por eles secretados?

4. Um ***folículo maduro (de Graaf)*** é um folículo grande preenchido por líquido que logo sofrerá ruptura expelindo um ovócito secundário, um processo chamado de ***ovulação***.
5. Um ***corpo lúteo*** (*luteum* = amarelo) contém os restos de um folículo maduro ovulado. O corpo lúteo produz progesterona, estrógenos, relaxina e inibina, até que se degenere e torne-se um tecido fibroso esbranquiçado chamado de ***corpo albicante*** (*albicans* = branco).

Ovogênese

Objetivo: *Descrever como são produzidos os óvulos.*

A formação de um óvulo haplóide (n) no ovário é chamada de ***ovogênese***. Enquanto a espermatogênese se inicia, nos homens, na puberdade, a ovogênese se inicia, nas mulheres, antes mesmo do nascimento. A ovogênese ocorre essencialmente da mesma maneira que a espermatogênese. Ela envolve meiose e maturação.

1. **Divisão reducional (meiose I).** Durante o desenvolvimento fetal inicial, as células germinativas no ovário diferenciam-se em ***ovogônias***, que podem originar células que se desenvolvem até ovócitos secundários (Figura 23.11). As ovogônias são células diplóides que se dividem por mitose. Por volta do terceiro mês do desenvolvimento pré-natal, algumas ovogônias se transformam em células diplóides maiores (2n) chamadas de ***ovócitos primários***. Embora estas células iniciem sua divisão reducional (meiose I) antes do nascimento, não a completam até após a puberdade. Alguns ovócitos primários desenvolvem-se até ***folículos primários***. Estes consistem de um ovócito primário, circundado em um primeiro momento por uma camada de células foliculares e, mais tarde, por 6 a 7 camadas de ***células granulosas***. À medida que o folículo cresce, ele forma uma camada transparente de glicoproteína, chamada de ***zona pelúcida***, entre o ovócito primário e as células granulosas. A camada mais interna de células granulosas adere-se firmemente à zona pelúcida e é chamada de ***coroa radiada*** (*corona* = coroa; *radiata* = radiação). As células granulosas começam a secretar fluido folicular que se acumula na cavidade do folículo. O folículo é, então, chamado de ***folículo secundário***.

Após a puberdade, sob a influência dos hormônios secretados pela adeno-hipófise, a cada mês, a meiose reinicia em um folículo secundário. O ovócito primário diplóide completa a divisão reducional (meiose I), e duas células haplóides, de tamanhos dife-

Útero

O **útero** é o local onde ocorre a menstruação, a implantação de um óvulo fertilizado, o desenvolvimento do feto durante a gravidez e o trabalho de parto. Situa-se entre a bexiga urinária e o reto e tem a forma de uma pêra invertida (veja as Figuras 23.8 e 23.9).

As partes do útero incluem uma porção em forma de dômo acima das tubas, chamada de ***fundo***, uma porção central chamada de **corpo**, e uma porção estreita que se abre para a vagina chamada de *colo*. O interior do corpo uterino é chamado de **cavidade uterina**.

O útero é mantido em posição por vários ligamentos. Estes são os ligamentos largo, uterossacral, cardinal e redondo (veja as Figura 23.8 e 23.9). O ligamento largo também forma parte da camada externa do útero, o ***perimétrio*** (*peri* = ao redor).

A camada muscular intermediária do útero, o ***miométrio*** (*myo* = músculo), perfaz a maior parte da parede uterina. Consiste de músculo liso. Durante o trabalho de parto, contrações coordenadas dos músculos auxiliam a expulsão do feto.

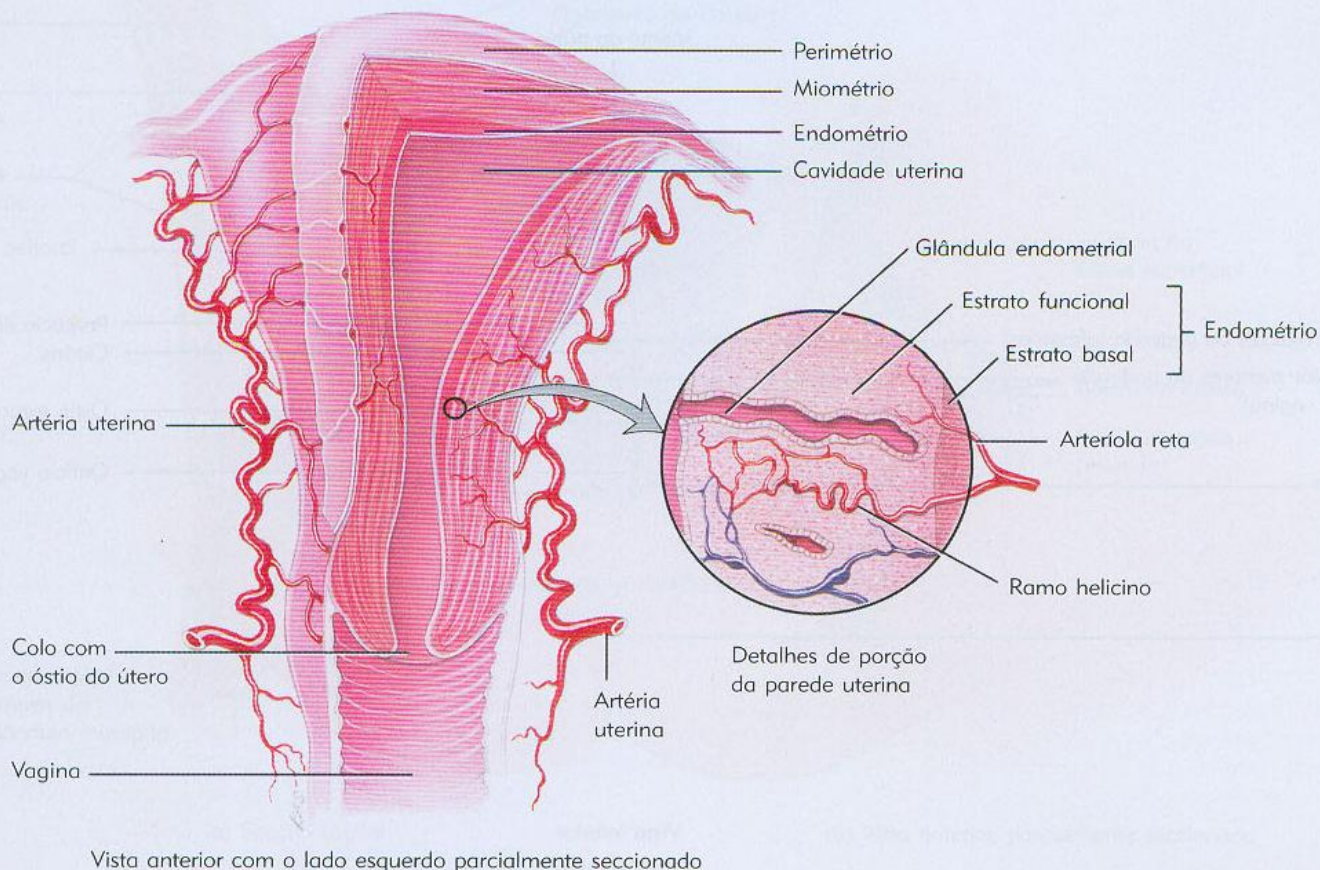
A parte mais interna da parede uterina, o ***endométrio*** (*endo* = dentro), é uma túnica mucosa composta de duas camadas. O ***estrato basal*** é uma camada permanente próxima ao miométrio. O ***estrato funcional*** reveste a cavidade uterina, nutre o feto em crescimento ou é descartado, a cada mês, durante a menstruação, se não ocorrer a fertilização. Após a menstruação, é substituído pelo estrato basal. O endométrio contém muitas glândulas cujas secreções nutrem espermatozóides e o zigoto.

O fornecimento de sangue ao útero é feito pelas ***artérias uterinas*** (Figura 23.12). As ramificações das artérias uterinas penetram profundamente no miométrio. Logo antes de tais ramificações entrarem no endométrio, elas se dividem em dois tipos de arteríolas. As ***arteríolas retas*** terminam no estrato basal, suprindo os materiais necessários para regenerar o estrato funcional. As ***arteríolas espirais*** penetram no estrato funcional e sofrem profundas modificações durante o ciclo menstrual. O sangue deixa o útero através das *veias uterinas*.

Os estágios iniciais de ***câncer uterino*** podem ser detectados através do ***exame de Papanicolaou***. É um procedimento geralmente indolor, onde algumas células do colo do útero e da vagina ao redor do colo são removidas com um cotonete e examinadas microscopicamente. As células malignas têm aparência característica que permite o diagnóstico mesmo antes do aparecimento de sintomas. As estimativas indicam que o Papanicolaou é mais que 90% confiável em termos de detecção do câncer cervical.

Figura 23.12 Suprimento de sangue para o útero. O destaque mostra detalhes dos vasos sangüíneos do endométrio.

 As arteríolas retas fornecem os materiais necessários para regeneração do estrato funcional.

Vista anterior com o lado esquerdo parcialmente seccionado

 Qual o significado das duas camadas endometriais?

uretra, abertura da uretra para o exterior; e, em qualquer lado do óstio vaginal, as aberturas dos ductos das ***glândulas uretrais*** *(de Skene)*. Estas glândulas estão na parede da uretra e secretam muco. As glândulas uretrais e a próstata masculina são estruturas equivalentes (homólogas). Em qualquer dos lados do orifício vaginal propriamente dito estão as ***glândulas vestibulares maiores (de Bartholin)***, que produzem um muco para lubrificação durante o ato sexual. As glândulas vestibulares maiores (Bartholin) e as glândulas bulbouretrais masculinas são estruturas equivalentes (homólogas).

Períneo

O ***períneo*** é uma área em forma de losango entre as coxas (anterior) e as nádegas (posterior) tanto em homens quanto em mulheres (Figura 23.13). Contém os órgãos genitais externos e o ânus.

Na mulher, a região entre a vagina e o ânus é conhecida como ***períneo clínico***. Se a vagina for muito pequena para acomodar a cabeça de um feto em expulsão, a pele, o epitélio vaginal, a gordura subcutânea e músculos do períneo clínico podem rasgar. Ainda, os tecidos do reto podem sofrer algum tipo de dano. Para evitar que isto ocorra, uma pequena incisão, chamada de ***episiotomia*** (*epision* = região pubiana; *tome* = incisão) é feita na pele do períneo e seus tecidos subjacentes um pouco antes da expulsão do feto. Após o nascimento, a episiotomia é suturada camada por camada.

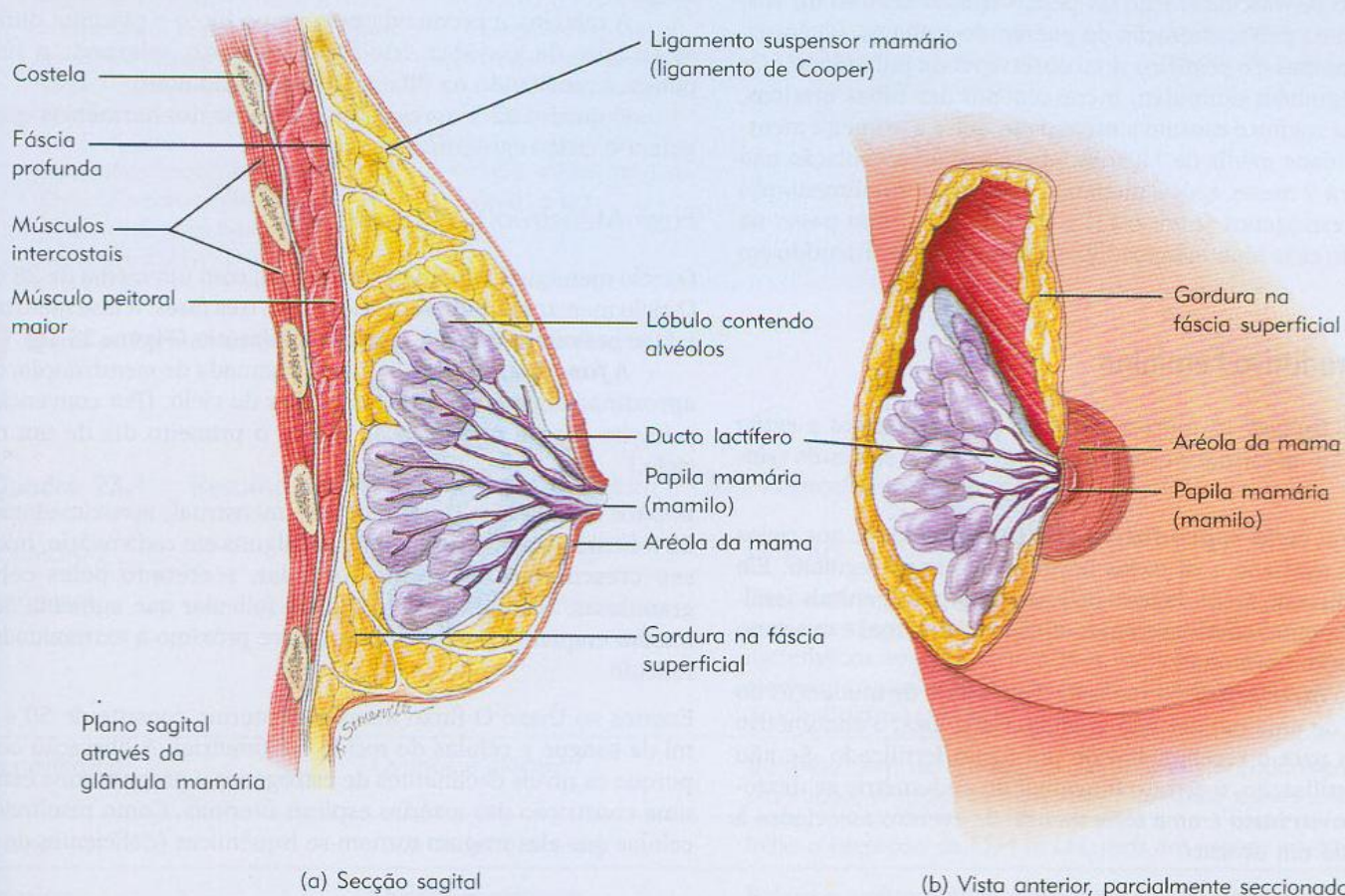
Glândulas Mamárias

As ***glândulas mamárias*** são glândulas sudoríparas modificadas que se situam sobre os músculos peitoral maior e serrátil anterior e são ligadas a eles por tecido conjuntivo (Figura 23.14). Internamente, cada glândula mamária consiste de 15 a 20 lobos organizados radialmente e separados por tecido adiposo e faixas de tecido conjuntivo chamadas de ***ligamentos suspensores mamários (ligamentos de Cooper)***, que suportam as mamas. Em cada lobo existem ***lóbulos*** menores, nos quais se encontram células secretoras de leite nos ***alvéolos*** (*alveolus* = cavidade pequena). A quantidade de leite produzido não está correlacionada ao tamanho das mamas. A secreção láctea pelos alvéolos é transportada através de ductos que terminam nas papilas mamárias (*mamilos*). A área circular de pele pigmentada circundando a papila mamária (mamilo) é chamada de *aréola* da mama (*areolar* = espaço pequeno).

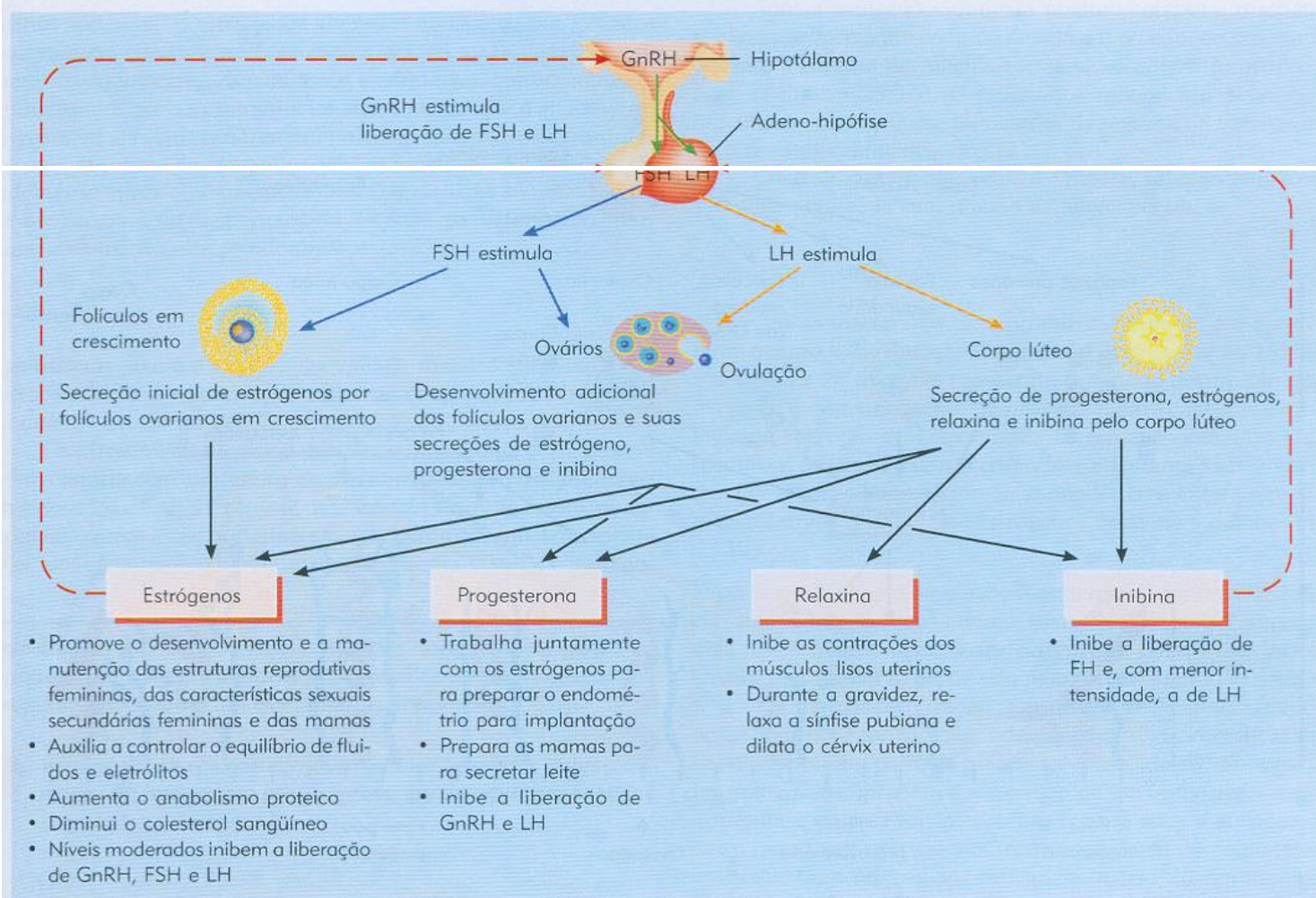
Figura 23.14 Glândulas mamárias.

As glândulas mamárias funcionam na síntese, na secreção e na ejaculação de leite (lactação).

(a) Secção sagital

(b) Vista anterior, parcialmente seccionada

Que hormônios regulam a síntese e a liberação do leite?

gura 23.15 Secreção e efeitos fisiológicos dos estrógenos, da progesterona, da relaxina e inibina.

Os ciclos uterino e ovariano são controlados por GnRH e hormônios ovarianos.

Quais os hormônios que facilitam a expulsão do feto?

Quadro 23.1 Resumo dos Hormônios que Regulam o Ciclo Reprodutivo Feminino

HORMÔNIO	ONDE É PRODUZIDO	FUNÇÃO
Estrógenos	Ovários e placenta	Desenvolvimento e manutenção de estruturas genitais femininas, especialmente o endométrio do útero; desenvolvimento das características sexuais secundárias femininas; desenvolvimento das mamas; controle do equilíbrio dos fluidos e eletrólitos; aumento do anabolismo proteico.
Progesterona	Ovários e placenta	Trabalha com os estrógenos preparando o endométrio para implantação; prepara as glândulas mamárias para secretar leite.
Inibina	Ovários (e testículos)	Inibe a secreção de FSH (e LH, mas em menor intensidade).
Relaxina	Ovários e placenta	Relaxa a sínfise púbica e dilata o colo do útero.

Os estrógenos são os hormônios ovarianos primários antes da ovulação, mas pequenas quantidades de progesterona são produzidas pelo folículo em maturação.

Com referência aos ovários, a fase menstrual e a fase pré-ovulatória juntas são chamadas de ***fase folicular,*** porque os folículos ovarianos estão crescendo e se desenvolvendo.

Eventos no Útero Os estrógenos liberados no sangue por folículos ovarianos em crescimento (descritos a seguir) estimulam o crescimento do endométrio. As células do estrato basal sofrem mitose e produzem um novo estrato funcional. À medida que o endométrio engrossa, as glândulas endometriais desenvolvem-se e as arteríolas crescem enquanto penetram no estrato funcional. A espessura do endométrio aproximadamente dobra. Com relação ao útero, a fase pré-ovulatória é também chamada de ***fase proliferativa***, porque o endométrio está proliferando.

Ovulação

A **ovulação**, que é a ruptura do folículo maduro (de Graaf) e a liberação do ovócito secundário no interior da cavidade peritoneal, geralmente ocorre no 14° dia de um ciclo de 28 dias.

Os **altos** níveis de estrógenos durante a última parte da fase pré-ovulatória têm um efeito de ***retroalimentação positiva*** em ambos LH e GnRH e causam ovulação da seguinte forma: quando os estrógenos estão presentes em concentrações suficientemente altas, eles estimulam o hipotálamo a liberar mais GnRH e a adeno-hipófise a produzir mais LH. O GnRH promove a liberação de FSH e mais LH pela adeno-hipófise. O pico de LH provoca a ruptura do folículo maduro e a expulsão do ovócito secundário. O ovócito ovulado e suas células da zona pelúcida e coroa radiada são geralmente sugadas para o interior das trompas uterinas (se for perdido no interior da cavidade peritoneal, desintegra-se).

Após a ovulação, o folículo maduro colapsa e o sangue do seu interior forma um coágulo devido a um pequeno sangramento durante a ruptura do folículo formando o ***corpo hemorrágico*** (veja a Figura 23.10). O coágulo é reaborvido pelas células foliculares restantes, que aumentam de tamanho e formam o corpo lúteo sob a influência do LH.

Um teste caseiro que detecta o pico de LH associado à ovulação pode predizê-la com um dia de antecedência.

Figura 23.17 Concentrações relativas dos hormônios da adeno-hipófise (FSH e LH) e hormônios ovarianos (estrógenos e progesterona) durante um ciclo menstrual normal.

Estrógenos são os hormônios ovarianos primários antes da ovulação; após, tanto progesterona quanto estrógenos são secretados pelo corpo lúteo.

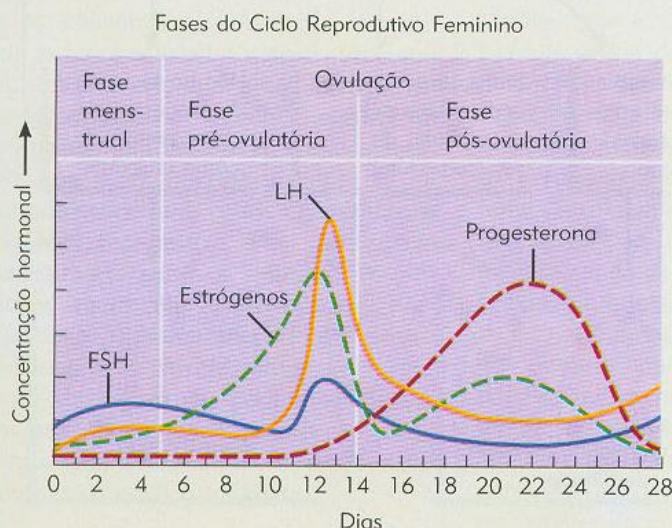
Um teste de farmácia, que indique a ovulação, detecta a presença de qual hormônio?

Fase Pós-ovulatória

A fase pós-ovulatória do ciclo produtivo feminino é a mais constante quanto à sua duração, levando 14 dias, do 15° ao 28° dia em um ciclo de 28 dias. Ela representa o período decorrente entre a ovulação e o aparecimento da próxima menstruação. Após a ovulação, a secreção de LH estimula os remanescentes do folículo maduro a desenvolverem o corpo lúteo. Durante suas 2 semanas de vida, o corpo lúteo secreta quantidades crescentes de progesterona e certa quantidade de estrógenos, relaxina e inibina (Figura 23.17).

Eventos em um Ovário Se o ovócito secundário for fertilizado e iniciar sua divisão, o corpo lúteo persiste além de suas 2 semanas de vida. Ele é mantido pela ***gonadotrofina coriônica humana*** (hCG), um hormônio produzido pelo cório do embrião a partir do 8° ao 12° dia pós-fertilização. A presença de hCG no sangue materno ou urina é um indicador de gravidez. O cório eventualmente se desenvolve em parte da placenta. Na medida em que a gestação progride, a placenta inicia a secreção de estrógenos para suportar a mesma e o desenvolvimento das mamas para a lactação. Uma vez que a placenta inicia sua secreção, o papel do corpo lúteo recrudesce. Com relação aos ovários, esta fase do ciclo também é chamada de ***fase lútea***.

Se o hCG não auxiliar o corpo lúteo, após 2 semanas diminuem suas secreções e o mesmo degenera-se permanecendo uma cicatriz chamada de corpo albicante. A falta de progesterona e estrógenos devido à degeneração do corpo lúteo causa então uma menstruação. Adicionalmente, os níveis diminuídos de progesterona, estrógenos e inibina promovem a liberação de GnRH, FSH e LH, que estimulam o crescimento folicular e o início de um novo ciclo menstrual. Um resumo destas interações hormonais é apresentado na Figura 23.18.

Eventos no Útero Progesterona e estrógenos produzidos pelo corpo lúteo promovem o crescimento das glândulas endometriais, que iniciam a secreção de glicogênio e a vascularização e espessamento do endométrio. Estas mudanças preparatórias atingem um pico por volta de uma semana após a ovulação, correspondendo ao período da possível chegada de um óvulo fertilizado. Com relação ao útero, esta fase do ciclo é chamada de ***fase secretória***, por causa da atividade secretória das glândulas endometriais.

foco no bem-estar

Tríade da Mulher Atleta: Transtornos Alimentares, Amenorréia e Osteoporose Prematura

O ciclo reprodutivo feminino pode ser interrompido por muitos fatores, incluindo perda de peso, baixo peso corporal, transtornos alimentares e atividade física vigorosa. Muitos atletas sofrem intensa pressão por parte dos técnicos, pais, colegas e de si próprios para perder peso, para aumentar seu desempenho. Conseqüentemente, muitos desenvolvem comportamentos alimentares doentes e engajam-se em práticas de dietas perigosas, na luta pela manutenção de um peso corporal muito baixo. Combine este impulso para a magreza com muitas horas por dia de exercícios físicos e você verá porque mulheres atletas são mais acometidas por irregularidades menstruais do que mulheres sedentárias. Isto é particularmente verdadeiro para as atletas que participam de esportes que demandam grandes quantidades de atividade física vigorosa, uma constituição delgada ou requeiram peso mínimo. As atletas com os mais altos índices de irregularidades menstruais são corredoras, ginastas, dançarinas, patinadoras e mergulhadoras.

Muitas mulheres atletas não consideram as irregularidades menstruais como um sintoma sério, mas acreditam que estas sejam uma conseqüência natural do seu treinamento físico. Algumas acreditam que a amenorréia, a ausência de períodos mentruais, pode oferecer uma vantagem competitiva, já que a atleta não necessita enfrentar os sintomas da tensão pré-menstrual (TPM) ou dismenorréia. Este pensamento pode ter conseqüências desastrosas, porque as irregularidades menstruais podem ser causadas por uma doença subjacente séria, para a qual a atleta deveria receber um tratamento médico imediato.

A Tríade da Mulher Atleta: Transtornos Alimentares, Amenorréia e Osteoporose

Mesmo que a irregularidade do ciclo menstrual seja aparentemente causada pelo treinamento físico e não esteja associada a outra doença, ainda assim ela deve ser causa de preocupação. Se a ausência de menstruação for acompanhada pela ausência de ovulação, então uma parte significativa da produção de estrógeno está faltando. Lembre-se de que os folículos ovarianos produzem estrógenos quando estimulados por FSH e LH. Se a ovulação não está ocorrendo, então os folículos ovarianos, e, mais tarde, o corpo lúteo, não estão produzindo estrógenos. Baixos níveis crônicos de estrógenos podem causar muitos problemas sérios de saúde, além daqueles relacionados às funções reprodutivas. Um destes problemas é a perda de minerais dos ossos, já que os estrógenos auxiliam na retenção do cálcio ósseo. A perda do efeito protetor dos estrógenos explica porque muitas mulheres experimentam um declínio da densidade óssea que pode-se desenvolver em osteoporose após a menopausa, quando declinam os níveis de estrógenos. Tem-se demonstrado que corredoras amenorréicas experimentam efeitos similares. Enquanto que curtos períodos de irregularidade menstrual em jovens atletas podem não causar danos permanentes, a interrupção do ciclo menstrual por longos períodos pode ser acompanhada de uma perda de massa óssea ou, em atletas jovens, da incapacidade de atingir uma massa óssea adequada, ambos os quais podem levar a uma osteoporose prematura e a danos ósseos irreversíveis. De fato, em um estudo, corredoras amenorréicas de cerca de 20 anos de idade apresentaram densidades ósseas semelhantes àquelas de mulheres na pós-menopausa, na faixa dos 50 aos 70 anos. Algumas destas corredoras já apresentavam fraturas vértebrais, o curvamento das vértebras característico da sifose associada à osteoporose. Mais comumente encontrado nas corredoras amenorréicas foram as fraturas por estresse recorrentes em ossos enfraquecidos. Tais estudos levaram os pesquisadores a cunhar o termo "tríade da mulher atleta" para esta síndrome, compreendendo os transtornos alimentares, a amenorréia e a osteoporose.

Em estudos seguintes com estas corredoras encontrou-se que, com a suplementação de estrógenos, pôde-se aumentar em algum nível a densidade óssea, mas nunca se atingiu os níveis apropriados para a idade, mesmo depois de vários anos de tratamento. Estes estudos sublinham a importância da prevenção da tríade, em primeiro lugar, já que as estratégias terapêuticas atuais parecem ser inadequadas.

Paus, Pedras e... Exercícios?

É, de alguma forma, irônico que atletas dedicadas devam experimentar osteoporose prematura, já que (contraditoriamente) a atividade física em geral está associada à *redução* dos riscos de osteoporose. Tem-se demonstrado que os exercícios aumentam a densidade óssea, especialmente quando estes exercícios envolvem algum estresse ósseo, tais como na corrida e na dança aeróbica. Entretanto, na presença de transtornos alimentares e treinamento excessivo, os exercícios podem aumentar o problema.

Pensamento Crítico

Você acha que a existência da "tríade da mulher atleta" sugere que garotas e mulheres devam ser desencorajadas de participar do atletismo e outras formas de atividade física vigorosa? Por quê? Por que não?

lacionada à idade, à raça, à ocupação, à geografia e à origem étnica. Tanto tumores benignos como malignos são comuns em homens idosos. Ambos os tipos de tumores pressionam a uretra, tornando a micção difícil e dolorosa. Por vezes, a pressão excessiva, decorrente da urina retida, destrói o tecido renal e provoca um aumento da suscetibilidade a infecções.

Anormalidades da Função Sexual

A ***impotência*** é a inabilidade de um homem adulto obter e manter uma ereção por tempo suficiente para levar o ato sexual a termo. A impotência pode ser o resultado de diabete melito, anormalidades físicas do pênis, doenças sistêmicas tais como sífilis, distúrbios vasculares (obstruções arteriais ou venosas), doenças neurológicas, deficiência de testosterona, drogas (álcool, antidepressivos, anti-histamínicos, anti-hipertensivos, narcóticos, nicotina e tranqüilizantes) ou fatores psíquicos.

A ***infertilidade masculina (esterilidade)*** é a inabilidade de fertilizar o óvulo. Ela não implica em impotência. A fertilidade masculina requer a produção de quantidades adequadas de espermatozóides normais e viáveis pelos testículos, transporte desobstruído do esperma através do trato seminal e deposição satisfatória na vagina.

Doenças Femininas

Anormalidades Mentruais

A ***amenorréia*** é a ausência de menstruação. Ela pode ser causada por doenças endócrinas, desenvolvimento congênito anormal dos ovários ou útero, diminuição significativa do peso corporal ou treinamento atlético contínuo e rigoroso.

A ***dismenorréia*** é a menstruação dolorosa causada por fortes contrações uterinas. Ela é freqüentemente acompanhada de náuseas, vômitos, diarréia, dor de cabeça, fadiga e nervosismo. Alguns casos são causados por condições patológicas tais como tumores uterinos, cistos ovarianos, endometrioses e doença inflamatória pélvica (PID). Entretanto, outros casos de dismenorréia não estão relacionados a qualquer patologia.

O ***sangramento uterino anormal*** inclui uma menstruação com duração ou quantidades excessivas, menstruações muito freqüentes, sangramento intermenstrual e sangramentos na fase pós-menopausa. Estas anormalidades podem ser causadas por regulação hormonal imprópria, fatores emocionais, tumores fibróides no útero ou doenças sistêmicas.

A ***tensão pré-menstrual (TPM)*** refere-se a um grave estresse físico e emocional que ocorre no final da fase pós-ovulatória do ciclo menstrual e, algumas vezes, durante a menstruação. Os sintomas geralmente aumentam em gravidade até o aparecimento da menstruação e então desaparecem dramaticamente. Entre os sintomas estão edema, ganho de peso, edema das mamas, distensão abdominal, dores nas costas, dores articulares, constipação, erupções da pele, fadiga e letargia, sonolência, depressão ou ansiedade, irritabilidade, alterações de humor, dor de cabeça, pouca coordenação e desejos por doces ou comidas salgadas. A causa básica da TPM é desconhecida.

Síndrome do Choque Tóxico (TSS)

A ***síndrome do choque tóxico (TSS)*** é primariamente uma doença de mulheres jovens e anteriormente saudáveis, menstruando e que usam tampões. Também é reconhecida em homens, crianças e mulheres não menstruando. Clinicamente, a TSS é caracterizada por febre alta de até 40,6° C, garganta dolorida, dor de cabeça, fadiga, irritabilidade, dores musculares, conjuntivite, diarréia e vômitos, dor abdominal, irritação vaginal e irritações de pele. Outros sintomas incluem letargia, apatia, perda de memória, hipotensão, vasoconstrição periférica, síndrome do estresse respiratório, coagulação intravascular, contagem plaquetária diminuída, insuficiência renal, choque circulatório e complicações hepáticas.

Cepas toxigênicas da bactéria *Staphylococcus aureus* são necessárias para o desenvolvimento da doença. O risco é maior em mulheres que utilizam tampões de absorbência alta. Estes tampões absorvem o magnésio que está normalmente presente na vagina. Quando a quantidade de magnésio na vagina é reduzida, o *S. aureus* produz grandes quantidades de toxina que causam a doença. A TSS também pode ocorrer como uma complicação de gripes virais.

Cistos Ovarianos

Os *cistos ovarianos* são sacos contendo fluidos, localizados no interior dos ovários. Os cistos foliculares têm paredes finas e contém um material sero-albuminoso. Os cistos podem também originar-se do corpo lúteo ou do endométrio.

Endometriose

A ***endometriose*** (*endo* = dentro; *metri* = útero; *osis* = condição) é uma condição benigna caracterizada pelo crescimento de tecido endometrial fora do útero. O tecido entra na cavidade peritoneal através das tubas uterinas abertas e pode ser encontrado nos ovários, na superfície do útero, do colo sigmóide, dos linfonodos pélvicos e abdominais, no colo do útero, na parede abdominal, nos rins e na bexiga urinária. Os sintomas incluem dor pré-menstrual ou menstrual não-usual. A dor não-usual é causada pelo tecido em excesso sendo descolado juntamente com o endométrio uterino normal durante a menstruação. A infertilidade pode ser uma conseqüência. A endometriose desaparece durante a menopausa ou quando os ovários são removidos.

Infertilidade Feminina

A ***infertilidade feminina***, ou a inabilidade de concepção, ocorre em aproximadamente 10% das mulheres casadas nos Estados Unidos. Uma vez que esteja estabelecida a regularidade da ovulação, o trato genital é examinado para detectar doenças funcionais e anatômicas e determinar a possibilidade de união do espermatozóide com o óvulo nas tubas uterinas. A infertilidade feminina pode ser causada por obstrução nas tubas uterinas, doença ovárica e certas condições uterinas. Uma alteração no equilíbrio hormonal, de forma que o endométrio não esteja adequadamente preparado para receber o óvulo fertilizado, também pode ser uma causa.

Doenças das Mamas

As mamas das mulheres são altamente suscetíveis a cistos e tumores. Nas mulheres, a ***doença fibrocística*** é a causa mais comum de caroços na mama, nas quais se desenvolvem um ou mais cistos (sacos preenchidos por fluidos) e há espressamento dos alvéolos (grupos de células secretoras de leite). A condição

o tipo mais comum de câncer ovárico, a sobrevivência a longo prazo é observada em apenas um terço de todas as pacientes.

Doença Inflamatória da Pelve (PID)

A **doença inflamatória da pelve** é um termo usado em qualquer infecção bacteriana extensiva dos órgãos da pelve, especialmente o útero, as tubas uterinas ou os ovários. A PID é mais comumente causada pale bactéria da gonorréia, mas qualquer bactéria pode desencadear a infecção. Freqüentemente, os sintomas iniciais da PID, que incluem corrimento vaginal aumentado e dor pélvica, ocorrem logo após a menstruação. À medida que a infecção se espalha, pode ocorrer febre nos casos avançados juntamente com abscessos dolorosos nos órgãos genitais. O tratamento da infecção no seu início com antibióticos (tetraciclina ou penicilina) pode interromper a disseminação da PID.

Terminologia e Condições Médicas

Colposcopia (*skopein* = examinar) Um procedimento usado para exame direto da túnica mucosa vaginal e cervical utilizando-se um microscópio binocular de baixa potência chamado colposcópio, que aumenta a túnica mucosa aproximadamente 6 a 40 vezes seu tamanho original. Este é, muitas vezes, o primeiro teste feito após um esfregaço de Papanicolaou anormal.

Culdoscopia Um procedimento no qual um culdoscópio (endoscópio) é utilizado para a inspeção visual da cavidade pélvica. A introdução do culdoscópio se dá pela parede posterior da vagina.

Curetagem endocervical O colo do útero é dilatado e o endométrio uterino é raspado com uma cureta (instrumento cortante em forma de colher). Este procedimento é comumente chamado um D&C (dilatação e curetagem).

Hermafroditismo Presença de órgãos genitais masculinos e femininos em um único indivíduo.

Hipospadia Um óstia uretra deslocado. Nos homens, a abertura pode-se localizar na face uretral do pênis, na junção penoescrotal, entre as dobras do escroto ou no períneo. Na mulher, a uretra se abre no interior da vagina.

Leucorréia Um corrimento vaginal não-sangüíneo que pode ocorrer em qualquer idade e afeta a maioria das mulheres em determinada etapa de sua vida.

Esmegma Uma secreção, consistindo principalmente de células epiteliais descamadas, encontrada principalmente nos órgãos genitais externos e especialmente abaixo do prepúcio no homem.

Vaginite Inflamação da vagina.

Resumo dos Estudos

Sistema Genital Masculino (p. 523)

1. Reprodução é o processo pelo qual novos indivíduos de uma espécie são produzidos e o material genético é passado de uma geração a outra.
2. Os órgãos genitais estão agrupados em gônadas (produzem gametas), ductos (transportam e armazenam gametas), glândulas sexuais acessórias (produzem materiais de suporte aos gametas) e estruturas de sustentação.
3. As estruturas genitais masculinas incluem os testículos, o ducto de epidídimo, ducto deferente, ducto ejaculatório, a uretra, as vesículas seminais, a próstata, a glândula bulbouretral (de Cowper) e o pênis.

Escroto (p. 523)

1. O escroto sustenta os testículos.
2. Ele regula a temperatura dos testículos elevando-os para mais perto da cavidade pélvica.

Testículos (p. 523)

1. Os testículos são glândulas ovais (gônadas) no escroto contendo os túbulos seminíferos, nos quais os espermatozóides são produzidos, as células de sustentação (de Sertoli), que nutrem os espermatozóides e produzem inibina, e as células intersticiais (de Leydig), que produzem o hormônio sexual masculino testosterona.
2. Os ovócitos secundários e os espermatozóides são coletivamente chamados de gametas ou células sexuais e são produzidos nas gônadas.
3. As células somáticas dividem-se por mitose, o processo pelo qual cada célula filha recebe o complemento total dos 23 pares de cromossomos (46 cromossomos). Dessa forma, as células somáticas são diplóides.
4. Gametas imaturos dividem-se por meiose, na qual os pares de cromossomos são divididos de tal forma que o gameta maduro tenha apenas 23 cromossomos. Os espermatozóides são, dessa forma, haplóides.
5. A espermatogênese ocorre nos testículos. Ela resulta na formação de quatro espermatozóides haplóides.
6. A espermatogênese consiste de divisão reducional, divisão equatorial e espermiogênese.
7. Espermatozóides maduros consistem de uma cabeça, peça intermediária e cauda. Sua função é a fertilização de um ovócito secundário.
8. Na puberdade, o hormônio liberador de gonadotrofina (GnRH) estimula a adeno-hipófise a secretar FSH e LH. O LH estimula as células intersticiais a produzir testosterona. O FSH e a testosterona iniciam a espermatogênese.
9. A testosterona controla o crescimento, o desenvolvimento e a manutenção dos órgãos sexuais, estimula o crescimento ósseo, o anabolismo proteico e a maturação espermática, e estimula o desenvolvimento das características sexuais secundárias masculina.

Ciclo Reprodutivo Feminino (p. 538)

1. O propósito do ciclo menstrual é preparar o endométrio a cada mês para receber um óvulo fertilizado. O ciclo ovariano é associado à maturação de um óvulo a cada mês.
2. Os ciclos ovariano e menstrual são regulados pelo GnRH, que estimula a liberação de FSH e LH.
3. O FSH estimula a secreção inicial de estrógenos pelos ovários. O LH estimula um maior desenvolvimento dos folículos ovarianos, da ovulação e da secreção de estrógenos e progesterona pelos ovários.
4. Os estrógenos estimulam o crescimento, o desenvolvimento e a manutenção das estruturas genitais femininas, estimulam o desenvolvimento das características sexuais secundárias, regulam o equilíbrio fluido e eletrolítico e estimulam o anabolismo protéico.
5. A progesterona coopera com os estrógenos no sentido de preparar o endométrio para a implantação e as glândulas mamárias para a secreção láctea.
6. A inibina inibe a secreção do FSH.
7. A relaxina relaxa a sínfise púbica e auxilia na dilatação do colo do útero para facilitar o parto.
8. Durante o fase menstrual (1º ao 5º dia), o estrato funcional do endométrio é descamado, juntamente com sangue, fluido tissular, muco e células epiteliais.
9. Durante a fase pré-ovulatória, um grupo de folículos nos ovários começa sua maturação final. Um único folículo cresce mais que os outros e torna-se dominante enquanto que os outros degeneram. Ao mesmo tempo ocorrem reparos no endométrio. Os estrógenos são os hormônios do ovário dominantes durante a fase pré-ovulatória.
10. A ovulação é a ruptura do folículo maduro dominante e a liberação de um ovócito secundário na cavidade peritoneal. Ela acontece devido ao pico de LH.
11. Durante a fase pós-ovulatória, tanto progesterona quanto estrógenos são secretados em grandes quantidades pelo corpo lúteo do ovário e o endométrio uterino é espessado em preparação à implantação do zigoto.
12. Se a fertilização e a implantação não ocorrerem, o corpo lúteo degenera e os baixos níveis de estrógenos e progesterona permitem a liberação do endométrio (menstruação) seguida do início de outro ciclo uterino e ovariano.
13. Se a fertilização e a implantação ocorrerem, o corpo lúteo é mantido pelo hCG placentário, e o corpo lúteo e mais tarde a placenta secretam progesterona e estrógenos para manter a gestação e o desenvolvimento das mamas para a lactação.
14. O climatério é um período de ciclos menstruais infreqüentes. A menopausa é a interrupção dos ciclos reprodutivos.

Auto-avaliação

1. Durante o seu desenvolvimento, os espermatozóides são nutridos por:
   a. frutose b. mitocôndria c. células intersticiais (de Leydig) d. células de sustentação (Sertoli) e. acrossoma
2. Qual das seguintes afirmações é verdadeira em relação à meiose?
   a. Meiose é o processo pelo qual as células somáticas se dividem.
   b. O número cromossômico haplóide é simbolizado por $2n$.
   c. Os gametas são formados após uma divisão reducional.
   d. Os gametas contêm um número cromossômico haplóide.
   e. Os gametas contêm 46 cromossomos no seu núcleo.
3. Qual dos seguintes NÃO é verdadeiro em relação ao útero?
   a. é o local da menstruação
   b. é o local da implantação do óvulo fertilizado
   c. é o local de ovulação
   d. é o local do trabalho de parto
   e. é o local do desenvolvimento fetal
4. As menstruações são desencadeadas por
   a. um pico de hormônio luteinizante (LH)
   b. um declínio rápido de hormônio luteinizante (LH)
   c. um declínio rápido nos estrógenos e progesterona
   d. um pico de estrógenos e progesterona
   e. um pico de inibina.
5. Durante a fase pós-ovulatória, o hormônio mais dominante é
   a. progesterona
   b. estrógeno
   c. hormônio luteinizante (LH)
   d. hormônio folículo-estimulante
   e. inibina
6. Coloque os seguintes itens na ordem correta para a passagem dos espermatozóides dos testículos ao exterior do corpo.
   1. ductos deferentes
   2. rede do testículo
   3. túbulos seminíferos contorcidos
   4. epidídimo
   5. uretra
   6. túbulos seminíferos retos

   a. 6,3,2,4,1,5
   b. 3,2,6,4,1,5
   c. 3,6,2,4,1,5
   d. 3,6,2,4,5,1
   e. 2,4,6,1,3,5

17. Qual das afirmações abaixo não é verdadeira em relação ao sêmen?
   a. o volume varia de 2,5 a 5 ml.
   b. a contagem média indica pouco menos de 20 milhões.
   c. o pH fica em torno de 7,40.
   d. a coagulação ocorre rapidamente após a ejaculação
   e. o sêmen contém um antibiótico

8. Faça as associações:

______	a. Regula o ciclo ovariano	A. LH
______	b. Estimula a secreção inicial de estrógenos	B. GnRH
______	c. Estimula a ovulação	C. Relaxina
______	d. Estimula o crescimento, o desenvolvimento e a manutenção do sistema genital feminino	D. Progesterona
______	e. Funciona com o estrógenona preparação do útero para implantação de óvulo fertilizado	E. Estrógenos
______	f. Auxilia no trabalho de parto com a dilatação do colo do útero e do relaxamento da sínfise púbica	F. FSH

9. A produção de espermatozóides occorre
   a. no epidídimo
   b. nos túbulos seminíferos contorcidos

objetivos do aprendizado

DESENVOLVIMENTO E HERANÇA

uma visão geral

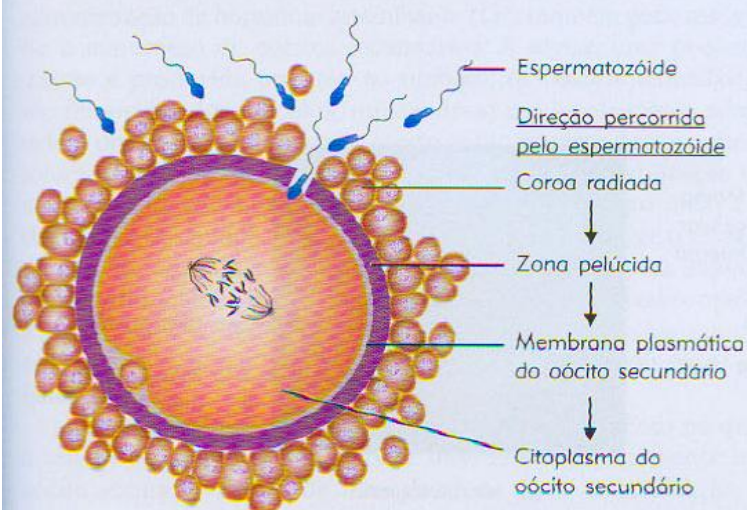
uterina (de Falópio), ocorrendo aproximadamente entre 12 e 24 horas após a ovulação.

Para que o espermatozóide fertilize o oócito secundário, ele deve-se livrar da cobertura de proteção do acrossomo durante sua migração através do trato genital feminino – um processo chamado de ***capacitação***. Este se refere às mudanças funcionais as quais o espermatozóide é submetido no trato genital feminino para permitir a fertilização. Isto possibilita a penetração de enzimas do acrossomo através da ***coroa radiada***, composta por diversas camadas de células ao redor do oócito, e da ***zona pelúcida***, uma camada transparente de glicoproteína situada sob a coroa radiada (Figura 24.1). São necessárias enzimas de vários espermatozóides para que apenas um espermatozóide seja capaz de atravessar a barreira oocitária. Uma vez que isto ocorre, a zona pelúcida passa a sofrer mudanças bioquímicas que bloqueiam a penetração de outros espermatozóides.

Quando um espermatozóide penetra um oócito secundário, desencadeia a finalização da meiose II (divisão equatorial) e oogênese. Isto produz um corpúsculo polar secundário (que desintegra) e um óvulo maior com 23 cromossomos. As membranas nucleares do óvulo e do espermatozóide são desintegradas, sendo que o complemento haplóide de cada célula é então combinado para formar uma célula diplóide chamada de óvulo fertilizado ou ***zigoto*** (*zygosis* = união).

Gêmeos fraternos são produzidos a partir da maturação e liberação independente de dois oócitos secundários, e a subseqüente fertilização de ambos por dois espermatozóides diferentes. Eles têm a mesma idade e se implantam no útero ao mesmo tempo, porém são tão diferentes geneticamente quanto qualquer outro irmão. Eles podem ou não ter o mesmo sexo. ***Gêmeos idênticos*** (ou monozigóticos) se desenvolvem a partir de um único óvulo fertilizado que se divide em um estágio posterior de desenvolvimento. Eles contêm exatamente o mesmo material genético e têm sempre o mesmo sexo.

Figura 24.1 Fertilização. Espermatozóides penetrando a coroa radiada e a zona pelúcida em volta do oócito secundário.

Durante a fertilização, o material genético do espermatozóide se funde com o do oócito secundário para a formação de um único núcleo.

O que é capacitação?

Formação da Mórula

Aproximadamente 24 a 30 horas após a fertilização, ocorre uma rápida divisão celular do zigoto. Esta divisão inicial do zigoto é denominada ***clivagem***. Embora a clivagem aumente o número de células, isto não implica um aumento do tamanho do zigoto. Clivagens sucessivas produzem uma massa sólida de células minúsculas, a ***mórula***, dentro de um período de três a quatro dias pós-fertilização.

Desenvolvimento do Blastocisto

À medida que o número de células aumenta, a mórula continua seu movimento ao longo da tuba uterina e entra na cavidade uterina. A esta altura, entre quatro e meio e cinco dias pós-fertilização, a mórula se transforma em uma esfera oca de células, e passa a ser denominada ***blastocisto*** (Figura 24.2).

O blastocisto consiste de uma camada externa, o ***trofoblasto*** (*tropho* = nutrir), que circunda uma cavidade cheia de fluidos denominada ***blastocele***, e uma ***massa celular interna***, que se desenvolve em um ***embrião*** no final da segunda semana. O trofoblasto e partes da massa celular interna irão formar a placenta e o córion, que protegem e nutrem o organismo em desenvolvimento (descrito a seguir).

Implantação

Durante os próximos estágios de desenvolvimento, a zona pelúcida se desintegra e o blastocisto é nutrido pelas secreções das glândulas endometriais do útero ("leite uterino"). A fixação do blastocisto

Figura 24.2 Blastocisto.

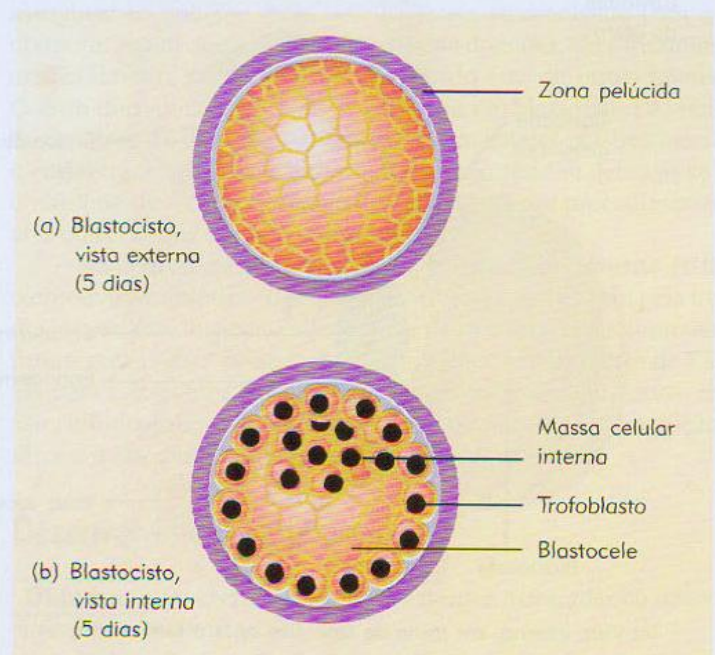
Clivagem refere-se às rápidas divisões mitóticas iniciais em um zigoto.

Qual a diferença entre uma mórula e um blastocisto?

Figura 24.4 Resumo dos eventos associados à fertilização e à implantação.

O sangue é um tecido conjuntivo que consiste de plasma (líquido) mais elementos figurados (eritrócitos, leucócitos e plaquetas).

Plano frontal do útero, tuba uterina e ovário

2 Clivagens (a primeira clivagem completa-se em torno de 30 horas após a fertilização)

3 Mórula (3 a 4 dias após a fertilização)

1 Fertilização (ocorre em torno de 12-24 horas após a ovulação)

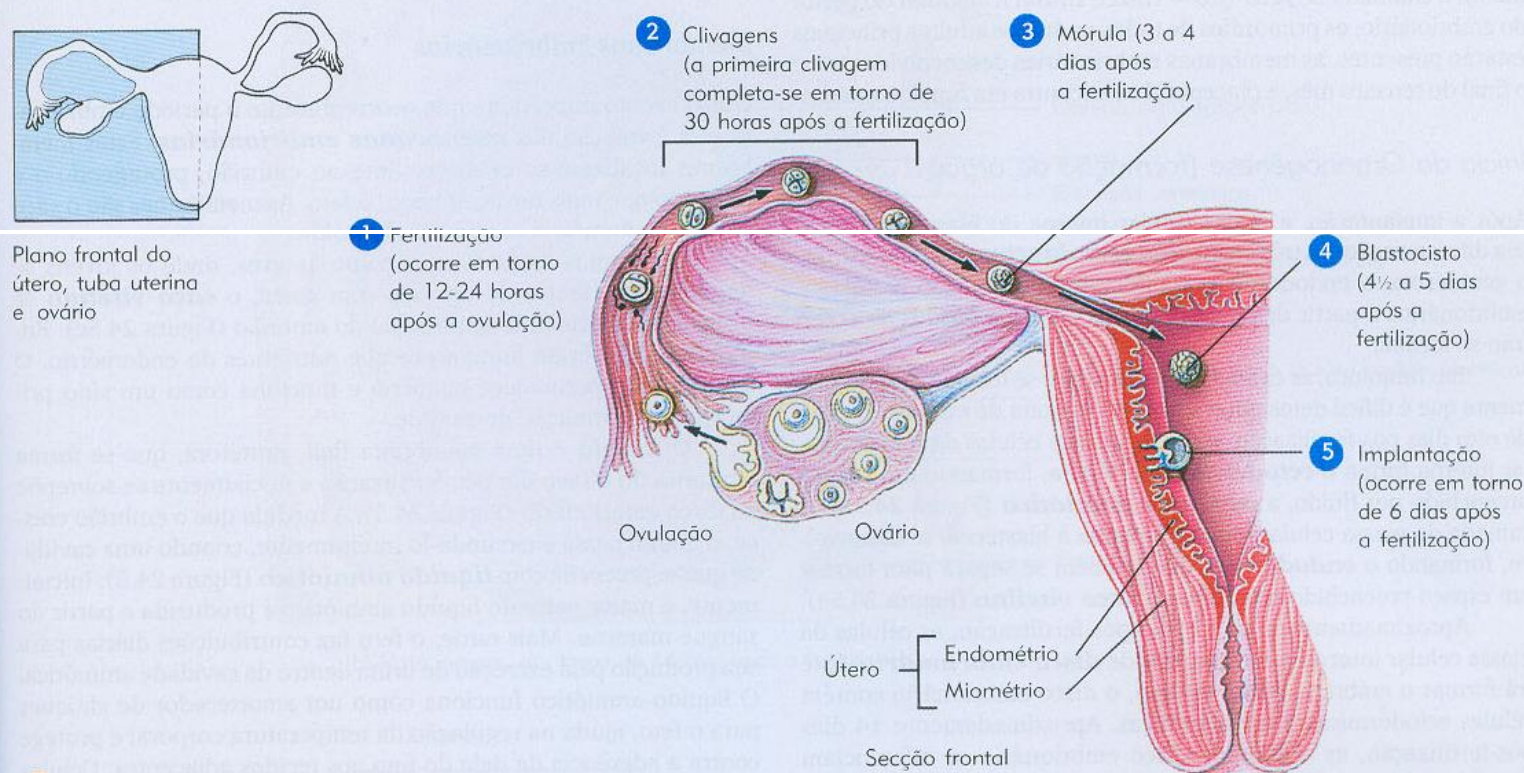
4 Blastocisto (4½ a 5 dias após a fertilização)

5 Implantação (ocorre em torno de 6 dias após a fertilização)

Ovulação

Ovário

Útero: Endométrio, Miométrio

Secção frontal

P *Quais hormônios provavelmente causam o enjôo na gravidez?*

Fertilização *in vitro*

Objetivo: *Discutir procedimentos alternativos à fertilização natural e à implantação.*

Fertilização in vitro (FIV) significa literalmente fertilização em uma placa de laboratório. No procedimento, a mulher recebe uma dose de **hormônio folículo-estimulante** (FSH), logo após a menstruação, para produzir vários oócitos secundários (superovulação), ao invés de apenas um, como ocorre normalmente. A administração de hormônio luteinizante (LH) também pode assegurar a maturação de oócitos secundários. A seguir, uma pequena incisão é produzida próxima ao umbigo; os oócitos secundários são removidos dos folículos, utilizando-se um laparoscópio adaptado a um aparelho de sucção, sendo então transferidos para uma solução contendo espermatozóides. Uma vez que a fertilização tenha ocorrido, o óvulo fertilizado é colocado em outro meio e a clivagem é observada. Quando o óvulo fertilizado atinge o estágio de 8 ou 16 células, este é introduzido dentro do útero para implantação e subseqüente desenvolvimento. Também é possível congelar embriões para se proporcionar uma nova gravidez anos mais tarde, ou para permitir outras tentativas de implantação em casos de falha.

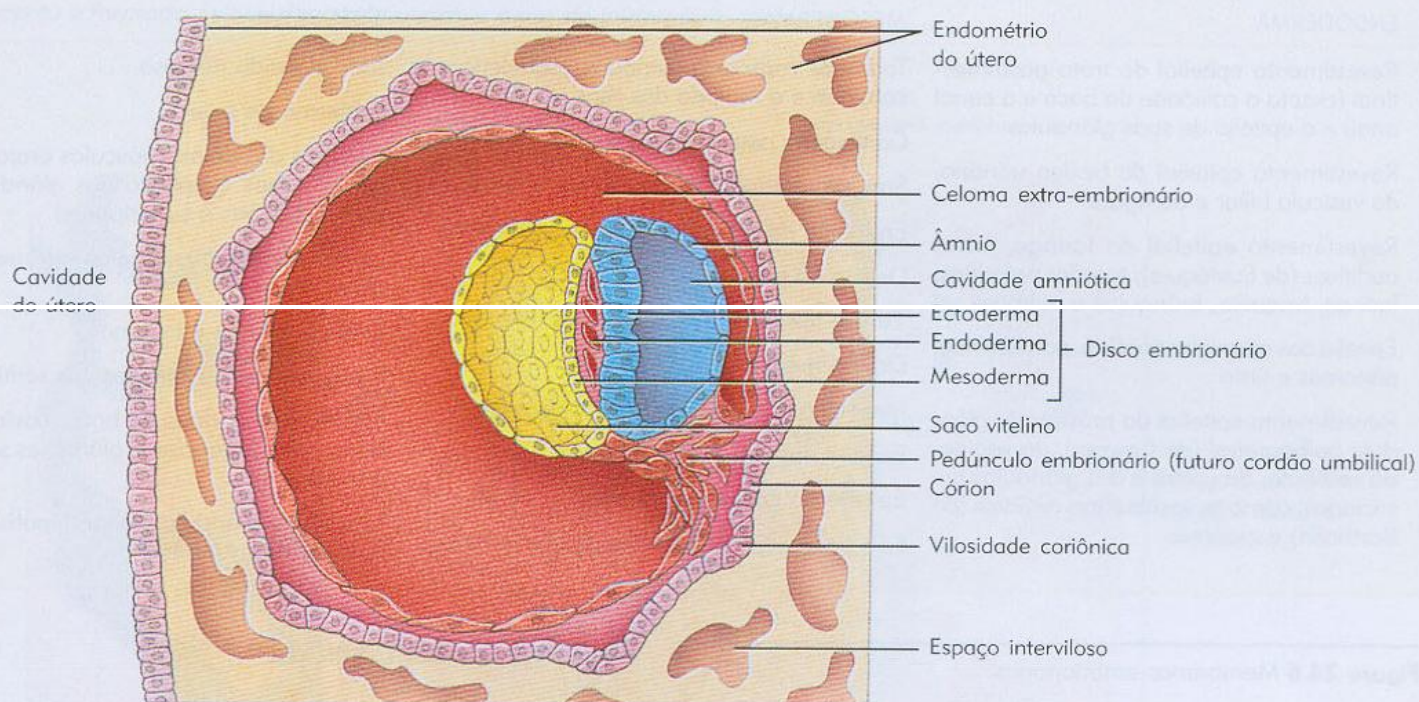
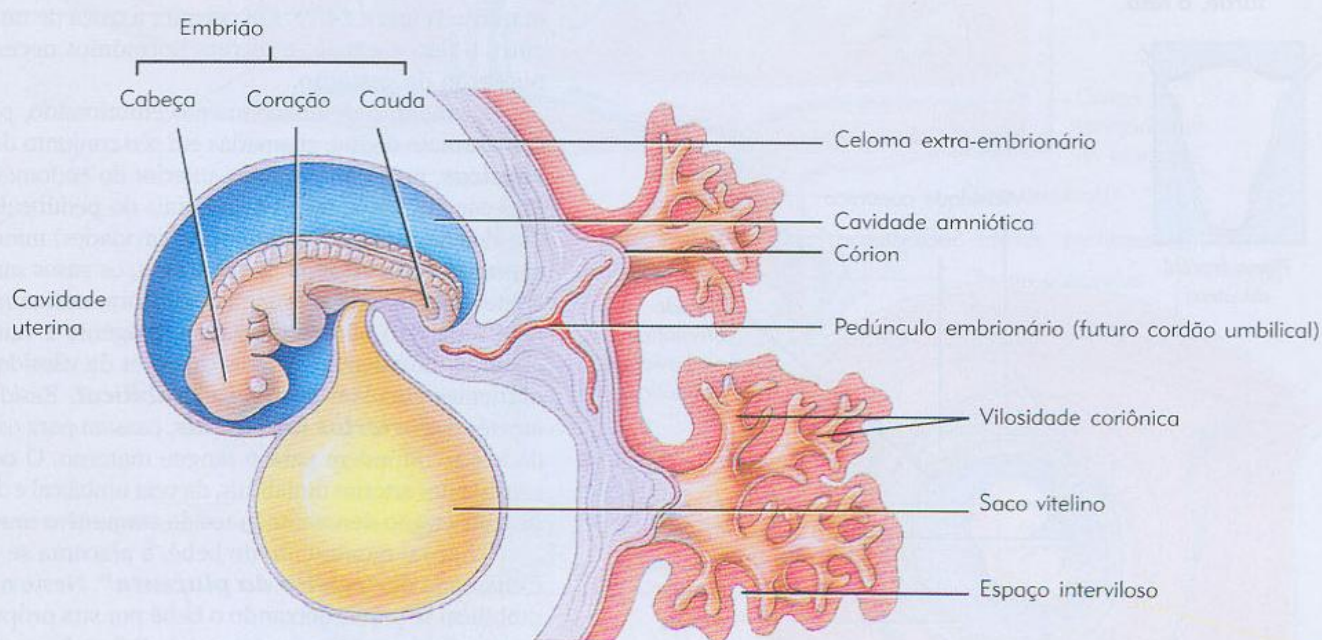
Transferência de embriões é um procedimento no qual o sêmen do marido é usado para inseminar artificialmente um oócito secundário fértil de uma doadora. Após a fertilização, a mórula, ou blastocisto, é transferida da mulher doadora para a esposa infértil, que leva então a gestação a termo. A transferência de embriões é indicada para mulheres que sejam estéreis ou que não desejem passar adiante seus genes carreadores de doenças genéticas graves. No procedimento de transferência de embriões, a doadora é monitorada, pela análise do nível sangüíneo do hormônio luteinizante (LH) e por ultra-som, para que se determine o momento da ovulação. A esposa também é monitorada para assegurar-se que seu ciclo ovárico esteja sincronizado com o da doadora. Assim que a ovulação ocorra na doadora, ela é inseminada artificialmente com o sêmen do marido (ou de outro homem). Quatro dias mais tarde, uma mórula (ou um blastocisto) é recolhida do útero da doadora, utilizando-se um cateter plástico macio, e é então transferida para o útero da esposa, onde se desenvolve até o nascimento. A transferência de embriões é um procedimento de ambulatório que não requer anestesia.

Na ***transferência intrafalopiana de gametas (GIFT)*** o objetivo é mimetizar o processo normal da concepção, pela união do sêmen com o oócito secundário dentro das tubas uterinas da futura mãe. Neste procedimento, a mulher recebe doses de FSH e LH para estimular a produção de vários oócitos secundários. Estes são colhidos com o laparoscópio, misturados com uma solução de sêmen e imediatamente inseridos na tuba uterina.

Desenvolvimento Embrionário

Objetivo: *Descrever os principais eventos associados ao desenvolvimento embrionário.*

Os primeiros dois meses de desenvolvimento são chamados de ***período embrionário***. Durante esse período, o ser humano em

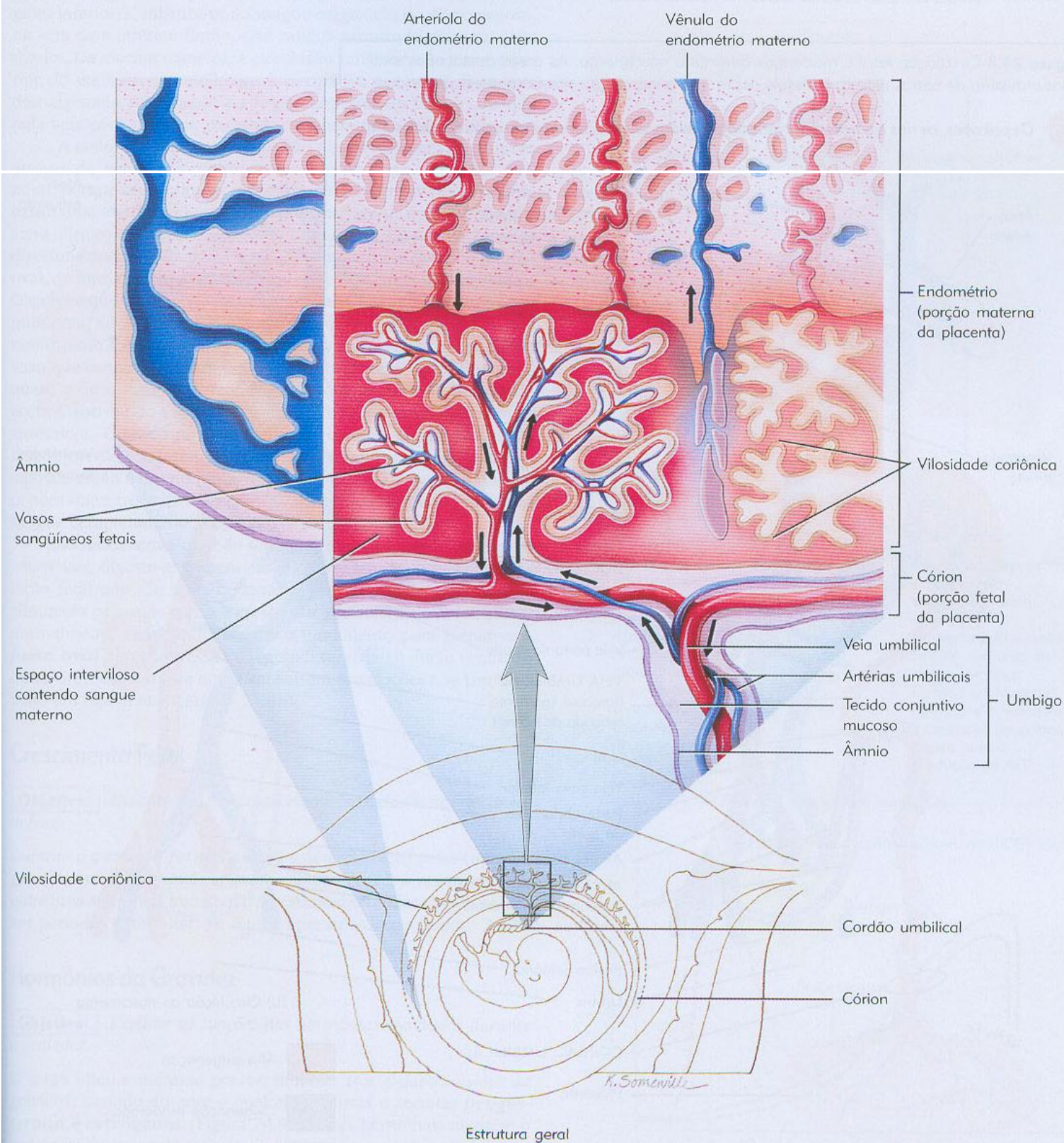
Figura 24.5 *(Continuação)*

(b) Vista interna, em torno de 14 dias após a fertilização

(c) Vista externa, em torno de 25 dias após a fertilização

Que estrutura irá formar o embrião?

O ***córion*** deriva do trofoblasto, circunda o embrião e, mais tarde, o feto. O córion se torna a principal parte embrionária da placenta, a estrutura para a troca de materiais entre a mãe e o feto. Ele também produz gonadotrofina coriônica humana (hCG).

O ***alantóide*** é uma pequena projeção do saco vitelino que contém vasos sangüíneos. Ele serve como um sítio primordial de formação do sangue. Mais tarde, seus vasos sangüíneos servem como uma conexão umbilical na placenta entre a mãe e o feto. Esta conexão é o cordão umbilical.

Figura 24.7 Placenta e cordão umbilical.

A placenta é formada pelo córion embrionário e parte do endométrio materno.

Qual a função da placenta?

naior parte do sangue flui pelo segundo ramo, o ***ducto venoso***. Conseqüentemente, o ducto venoso envia seu sangue para à veia ava inferior, desviando-se do fígado.

Em geral, a circulação nas outras regiões do feto é similar à irculação pós-natal. O sangue desoxigenado, retornando das re- iões inferiores, mistura-se ao sangue oxigenado do ducto venoso, a veia cava inferior. Então, este sangue misturado entra no átrio ireito. Da mesma maneira, a circulação sangüínea da parte supe- ior do embrião é semelhante à circulação pós-natal. O sangue esoxigenado retornando da região superior do feto é coletado ala veia cava superior, passando, também, pelo átrio direito.

A maior parte do sangue do feto não circula para os pulmões través do ventrículo direito, como acontece na circulação pós- atal, porque seus pulmões não estão em funcionamento. No feto, xiste uma abertura chamada ***de forame oval,*** no septo entre o trio direito e o esquerdo. Uma válvula na veia cava inferior ireciona aproximadamente um terço do sangue através do forame val, de forma que seja enviado diretamente à circulação sistêmica. sangue que desce até o ventrículo direito é bombeado ao tronco ulmonar. Entretanto, pouco deste sangue chega aos pulmões. Sua naior parte é enviada através do ***ducto arterioso***, um pequeno aso que conecta o tronco pulmonar com a aorta, permitindo que uase todo o sangue desvie dos pulmões do feto. O sangue da orta é distribuído a todas as partes do feto, através de seus ramos stêmicos. Quando as artérias ilíacas comuns se ramificam em íacas interna e externa, parte do sangue flui para as ilíacas inter- as. Ele então é dirigido às artérias umbilicais e de volta à placen- para outra troca de materiais. O único vaso fetal que transporta ingue completamente oxigenado é a veia umbilical.

Ao nascimento, quando se estabelecem as funções pulmona- s, renais, digestivas e hepáticas, as estruturas especiais da circu- ção fetal não são mais necessárias. Por exemplo, a placenta é iminada pela mãe como "***rejeito da placenta***"; o forame oval ormalmente se fecha logo após o nascimento para tornar-se a ***ssa oval***, uma depressão no septo interatrial; o ducto venoso, o ucto arterioso e a veia umbilical sofrem constrições e se transfor- am em ligamentos (Figura 24.8b).

rescimento Fetal

Objetivo: *Descrever os principais eventos associados ao crescimen- fetal.*

urante o ***período fetal***, os órgãos determinados pelas camadas rminativas primordiais crescem rapidamente e o organismo ad- uire uma aparência humana. Um resumo das mudanças associadas s períodos embrionário e fetal é apresentado no Quadro 24.2.

ormônios da Gravidez

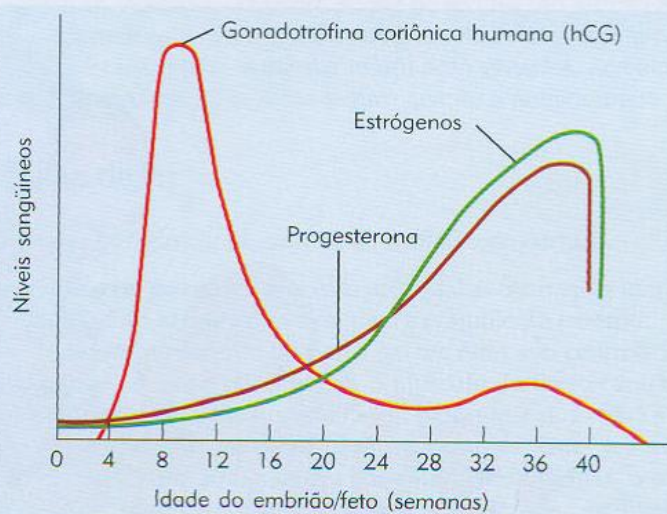
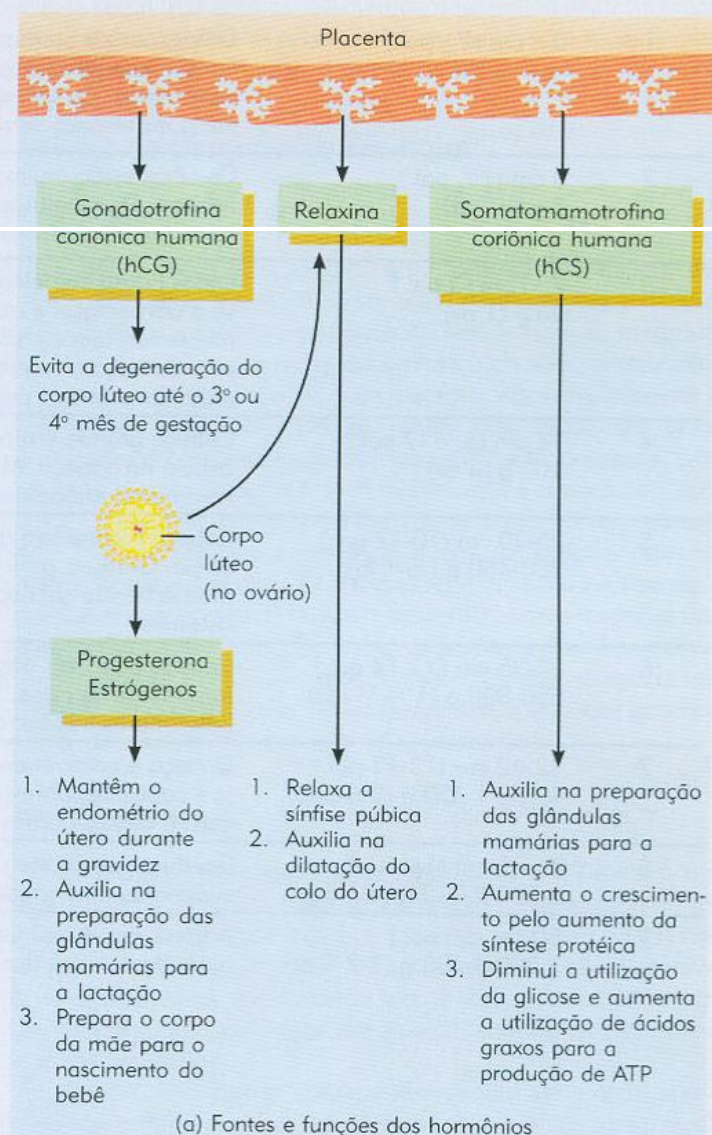
Objetivo: *Explicar as funções dos hormônios secretados durante gravidez.*

corpo lúteo é mantido por, no mínimo, três a quatro meses de avidez, período durante o qual ele continua a secretar ***proges- rona*** e ***estrógenos*** (Figura 24.9a). Estes hormônios mantêm o ndométrio (revestimento) uterino durante a gravidez e preparam glândulas mamárias para a lactação (secreção e ejeção de leite).

Figura 24.9 Hormônios da gestação.

Enquanto o corpo lúteo produz progesterona e estrógenos durante os primeiros 3 a 4 meses da gravidez, a placenta assume esta função do terceiro mês em diante.

(a) Fontes e funções dos hormônios

(b) Níveis sangüíneos de hormônios durante a gravidez

Qual hormônio serve como base para os testes de gravidez?

O córion da placenta secreta ***gonadotrofina coriônica humana (hCG)***, que estimula a produção contínua de estrógenos e progesterona pelo corpo lúteo para manter a fixação do embrião ou feto ao endométrio uterino. A excreção de hCG do sangue na urina de mulheres grávidas inicia-se por volta do oitavo dia de gravidez, atingindo seu pico ao redor da nona semana (Figura 24.9b). Lembre-se de que a excreção de hCG na urina serve como base para a maioria dos testes de gravidez. O hCG pode ser detectado no sangue antes mesmo do atraso da menstruação.

A placenta inicia a secreção de estrógenos após a terceira ou quarta semana de gravidez e de progesterona por volta da sexta semana de gravidez. A secreção do hCG é, então, drasticamente reduzida porque as secreções do corpo lúteo passam a não ser mais essenciais. Desde o terceiro até o nono mês de gravidez, estrógenos e progesterona são secretados pela placenta para preparar o corpo da mãe para o nascimento do bebê e a lactação. Após o parto, os níveis de estrógenos e progesterona no sangue decrescem aos níveis normais.

A ***relaxina***, produzida pela placenta e corpo lúteo, relaxa a sínfise púbica e auxilia na dilatação do colo do útero, próximo ao fim da gestação, para facilitar o parto.

O córion também produz ***somatotrofina coriônica humana (hCS)***. Este hormônio é lançado para estimular o desenvolvimento do tecido mamário para a lactação. Também estimula o crescimento pela promoção do anabolismo protéico nos tecidos. Assim sendo, o hCS causa um decréscimo do uso de glicose pela mãe, tornando-a mais disponível para o metabolismo fetal, ao mesmo tempo que promove a liberação de ácidos graxos dos depósitos de gordura como uma fonte energética alternativa para a mãe.

Gestação

O período no qual um zigoto, embrião e, mais tarde, feto se desenvolve no trato genital feminino é chamado de ***gestação*** (*gestare* = carregar). O período de gestação humana é de aproximadamente 38 semanas, contadas a partir do dia estimado de fertilização. O ramo especializado da medicina que lida com a gestação, o parto e o período imediatamente após o nascimento (em torno de 42 dias) é denominado ***obstetrícia*** (*obstetrix* = parteira).

Por volta do final do terceiro mês de gestação, o útero ocupa a maior parte da cavidade pélvica e, à medida que o feto continua seu desenvolvimento, o útero se estende cada vez mais para cima na cavidade abdominal. Até o final de uma gestação completa, o útero ocupará praticamente toda a cavidade abdominal, provocando um deslocamento em direção cranial dos intestinos, do fígado e do estômago maternos, uma elevação do diafragma e um alargamento da cavidade torácica. Na cavidade pélvica, ocorre uma compressão dos ureteres e da bexiga urinária.

Além das alterações anatômicas associadas à gestação, ocorrem também certas alterações fisiológicas induzidas pela gestação. Por exemplo, o débito cardíaco aumenta entre 20 e 30% até a 27ª semana devido a um aumento do fluxo sangüíneo materno para a placenta e de um aumento do metabolismo.

A função pulmonar é alterada de diversas maneiras. Ocorrem aumento do volume residual, diminuição da reserva expiratória e "falta de ar" durante os últimos meses de gestação.

Um decréscimo generalizado na mobilidade do trato intestinal pode resultar em constipação e atraso no tempo de esvaziamento gástrico. Náuseas, vômitos e azia também podem ocorrer.

A pressão contra a bexiga urinária pelo aumento do útero pode produzir sintomas urinários tais como alterações na freqüência (urgência) e incontinência urinária por estresse.

Mudanças na pele durante a gravidez incluem aumento da pigmentação ao redor dos olhos e "maçãs-da-face", como uma máscara facial, nas aréolas das mamas, e na região da linha branca (*alba*) (abdome). Estrias sobre o abdome ocorrem à medida que o útero aumenta de tamanho, e queda de pêlos também aumenta.

Técnicas de Diagnóstico Pré-natal

Amniocentese

Na ***amniocentese*** (*amnion* = âmnio; *centesis* = punção), uma amostra do líquido amniótico é retirada e analisada para o diagnóstico de defeitos genéticos, avaliação do bem-estar e da maturação fetal. Por meio da palpação e do uso de ultra-som, determina-se inicialmente a posição do feto e da placenta. Aproximadamente 10 ml de líquido amniótico contendo células descamadas são, então, puncionados do útero utilizando-se uma agulha hipodérmica. Isto é feito, geralmente, entre 14 e 16 semanas após a concepção (fertilização). O líquido e as células são, então, examinados. Aproximadamente 300 anomalias cromossômicas e mais de 50 deficiências bioquímicas herdáveis podem ser detectadas por meio da amniocentese, incluídas aí a síndrome de Down, a hemofilia, certas distrofias musculares, a doença de Tay-Sachs, a anemia falciforme e a fibrose cística. A amniocentese é indicada quando ambos os pais são portadores suspeitos, ou comprovados, de qualquer destas doenças genéticas, ou quando a idade materna é de 35 anos ou mais.

Método da Amostragem da Vilosidade Coriônica

A ***amostragem da vilosidade coriônica (AVC)*** é um teste capaz de detectar os mesmos defeitos que a amniocentese, mas que pode ser realizado durante o primeiro trimestre da gravidez (já às 8 semanas de gestação), e seus resultados estão disponíveis em 24 horas. Além disso, este é um procedimento não-invasivo (que não requer a penetração das paredes abdominal e uterina ou cavidade amniótica).

Na AVC, um cateter (tubo) é introduzido até o útero através da vagina, seguindo, então, até a vilosidade coriônica com o auxílio do ultra-som. Aproximadamente 30 mg de tecidos são aspirados, e, então, submetidos à análise cromossômica. As células coriônicas e as células fetais contêm a mesma informação genética. Acredita-se que esse procedimento seja tão seguro quanto a amniocentese.

Trabalho de Parto

Objetivo: *Descrever os estágios do trabalho de parto.*

O ***trabalho de parto*** é o processo pelo qual as contrações uterinas expulsam o feto através da vagina para o ambiente externo.

O desencadeamento do parto parece estar sob controle hormonal. Logo antes do nascimento, o músculo do útero contrai-se forte e ritmicamente. Os hormônios da placenta e dos ovários parecem desempenhar um papel nestas contrações. Uma vez que a progesterona causa uma inibição das contrações uterinas, o parto não ocorre até que seus efeitos tenham diminuído. Ao final da gestação, caem os níveis plasmáticos de progesterona. A partir daí,

Após o nascimento, o nível de prolactina começa a decrescer. ntretanto, cada vez que a mãe amamenta seu bebê, impulsos nerosos das papilas mamárias ao hipotálamo causam a secreção de RH e um aumento de 10 vezes no nível da prolactina, que dura em orno de uma hora, e que fornece leite para a amamentação seguin-:. Se este processo de liberação da prolactina é bloqueado por erimentos, doenças ou interrupção da amamentação, as glândulas namárias perdem sua habilidade de secretar leite em poucos dias.

'ontracepção

Objetivo: *Descrever e comparar a eficiência dos métodos de ontracepção.*

xistem muitos tipos disponíveis de ***contracepção*** (prevenção a fertilização ou do nascimento), cada qual com suas vantagens e esvantagens. Os métodos aqui discutidos são a esterilização, a ontracepção hormonal, intra-uterina, de barreira, química, fisioógica (natural), coito interrompido e o aborto induzido. Veja o uadro 24.3 para um resumo dos métodos de contracepção.

'sterilização

'ma forma de ***esterilização*** masculina é a ***vasectomia***. A esteilização das mulheres é, freqüentemente, a ***ligação tubária***, na ual as tubas uterinas são amarradas e, então, cortadas. O oócito ecundário fica então impossibilitado de migrar até o útero e de ntrar em contato com o espermatozóide.

'étodos Hormonais

or meio do ajuste dos níveis hormonais, é possível interferir na rodução de gametas (espermatozóide e óvulo) ou na implantaão uterina do óvulo fertilizado. Isto pode ser realizado por meio o uso de um ***anticoncepcional oral,*** ou ***pílula***, que é utilizao por aproximadamente 28% das mulheres norte-americanas. Emora existam muitos tipos de pílula, os mais comumente utilizados ontêm uma alta concentração de progesterona e uma baixa conentração de estrógenos (pílula combinada). Estes dois hormônios tuam via retroalimentação (*feedback*) negativa na adeno-hipófise, rovocando uma diminuição dos níveis de FSH e LH, e, no ipotálamo, provocando a inibição da secreção de GnRH. Os baios níveis de FSH e LH geralmente evitam o desenvolvimento licular e a ovulação; dessa forma, não ocorre a gestação. Mesmo ue porventura ocorra a ovulação em alguns casos, os anticoncepionais orais alteram o muco do colo do útero, de tal forma que ste se torna hostil aos espermatozóides, e torna o endométrio ienos receptivo à implantação.

Entre os benefícios dos anticoncepcionais orais, além da ontracepção, estão a regulação dos ciclos menstruais, a diminuiio do fluxo menstrual (e, dessa forma, um decréscimo do risco de nemia) e a prevenção de cistos ováricos. A pílula também oferece ma proteção contra o câncer do endométrio e do ovário. Os antioncepcionais orais não são recomendados para mulheres com um istórico de tromboembolias (predisposição à coagulação ngüínea), hipertensão, doenças cardíacas, acidentes vasculares erebrais ou disfunções hepáticas. As mulheres que tomam pílula fumam apresentam um aumento no risco de ataques cardíacos e idenies vasculares cerebrais com relação às não-fumantes. As imantes deveriam abdicar do fumo ou procurar métodos alternativos de contracepção. Os anticoncepcionais orais não oferecem qualquer proteção contra doenças sexualmente transmissíveis.

Se o consumo diário de pílulas não for desejável, a mulher pode optar pelo uso de ***Norplant*** ou ***Depo-provera****, dois outros métodos de contracepção hormonal disponíveis. O Norplant é composto por seis cápsulas finas contendo hormônio, que são implantadas cirurgicamente, com o uso de anestésico local, na tela subcutânea do braço. Elas liberam progestina (um derivado da progesterona) de forma lenta e contínua, que inibe a ovulação e engrossa o muco do colo do útero. Os seus efeitos duram por um período de cinco anos, e o Norplant é tão confiável quanto a esterilização (taxa de falha menor que 1%). A remoção das cápsulas de *Norplant* restaura a fertilidade original. Considerando-se um período de cinco anos, o Norplant é mais barato que a maioria das pílulas anticoncepcionais. O *Depo-provera* é administrado por injeção intramuscular uma vez a cada três meses. Ele contém um hormônio similar à progesterona que impede a maturação do óvulo e causa mudanças no revestimento uterino que diminuem a probabilidade de ocorrência da gestação.

A procura por um anticoncepcional masculino eficiente tem sido frustrante. O desafio é encontrar substâncias que possam bloquear a produção de espermatozóides funcionais sem interferir na capacidade de ereção.

Dispositivos Intra-uterinos

Um ***dispositivo intra-uterino (DIU)*** é um pequeno objeto de plástico, cobre ou aço inoxidável que é introduzido na cavidade do útero. Os DIUs provocam mudanças no revestimento uterino que bloqueiam a implantação do óvulo fertilizado. Eles são melhor tolerados por mulheres que já tenham tido filho(s). Os perigos associados ao uso do DIU em algumas mulheres incluem: doença inflamatória da pelve (DIP), infertilidade e sangramento menstrual excessivo e acompanhado de dor. As mulheres com uma relação monogâmica apresentam menos risco de desenvolver "doença inflamatória da pelve", e estudos recentes chegam a descartar o DIU como sua causa etiológica.

Métodos de Barreira (Físicos)

Os ***métodos de barreira*** buscam prevenir o acesso do sêmen à cavidade do útero e tubas uterinas. Entre os métodos de barreira estão o uso da camisinha ou camisa-de-vênus no homem, a camisinha feminina, o diafragma e o tampão cervical (do colo do útero).

A ***camisa-de-vênus*** é uma cobertura elástica não-porosa (látex ou material similar) que é colocada sobre o pênis para evitar que o sêmen seja depositado no trato genital feminino. A ***camisinha feminina*** é composta por dois anéis flexíveis conectados por uma bainha de poliuretano. Um dos anéis está localizado no interior da bainha e é inserido dentro da vagina para cobrir o colo do útero. O outro anel permanece do lado de fora da vagina, cobrindo os órgãos genitais femininos externos. O uso apropriado da camisinha durante cada ato sexual, especialmente quando utilizada em conjunção com espermicidas, é um método de contracepção bastante confiável. O uso da camisinha também reduz, mas não elimina, o risco de adquirir doenças sexualmente transmissíveis (DSTs) tais como a AIDS e a sífilis. Mesmo quando utilizada de forma correta, a camisinha apresenta uma taxa de falha em aproximadamente 10 a 20% dos casos.

*N. de T. Nomes comerciais de medicamentos comercializados no mercado norte-americano.

conhecidos ou suspeitos, e com infecções do colo ou da vagina. Da mesma forma que o diafragma, o tampão cervical não protege contra as DSTs.

Métodos Químicos

Os ***métodos químicos*** de contracepção são os agentes espermicidas. Várias espumas, cremes, geléias, supositórios e duchas (jatos líquidos) contendo agentes espermicidas tornam a vagina e o colo do útero desfavoráveis à sobrevivência dos espermatozóides, podendo ser adquiridos sem receita médica. O espermicida mais amplamente utilizado é o *nonoxinol-9*. Sua ação se dá pela ruptura da membrana plasmática do espermatozóide, levando-o à morte. Eles são mais efetivos quando usados juntamente com o diafragma ou a camisinha.

Métodos Fisiológicos (ou Naturais)

Os ***métodos fisiológicos (ou naturais)*** são baseados no conhecimento de certas mudanças fisiológicas que ocorrem durante o ciclo menstrual. Especialmente nas mulheres que apresentam ciclo menstrual normal, estes eventos ajudam na predição do provável dia de ovulação.

O primeiro método fisiológico, desenvolvido na década de 30, é conhecido como ***método do ritmo***. Este método se utiliza do fato de que um oócito secundário somente é fertilizável durante as primeiras 24 horas, estando disponível por somente três a cinco dias em cada ciclo menstrual. Durante este período, o casal evita o ato sexual (três dias antes da ovulação, o dia da ovulação e três após). Este método tem uma baixa efetividade pelo fato de poucas mulheres apresentarem um ciclo menstrual absolutamente regular.

Outro sistema de planejamento familiar, desenvolvido durante os anos 50 e 60, é o ***método simpto-termal***. De acordo com este método, os casais são instruídos a reconhecer certos sinais de fertilidade e infertilidade. Lembre-se de que os sinais da ovulação incluem aumento da temperatura corporal basal, produção abundante de muco cervical, transparente e pegajoso, e dor associada à ovulação. Se o casal se abstém da prática do ato sexual durante este período, diminuem as chances de engravidar.

Coito interrompido

O **coito** (*coitio* = união) **interrompido** refere-se à retirada do pênis do interior da vagina imediatamente antes da ejaculação. As falhas associadas a este método estão relacionadas à ejaculação precoce e à eliminação de líquidos pré-ejaculatórios da uretra contendo espermatozóides. Este método também não oferece nenhuma proteção contra DST.

Aborto Induzido

O ***aborto*** refere-se à expulsão prematura do feto do interior do útero e freqüentemente se dá antes da vigésima semana de gravidez. Um aborto pode ser espontâneo (ocorrência natural) ou induzido (intencional). Quando falham os métodos contraceptivos na prevenção de uma gravidez indesejada, o ***aborto induzido*** pode ser realizado*. Os abortos induzidos podem envolver aspiração a vácuo (sucção), infusão de soluções salinas ou evacuação cirúrgica (curetagem).

Certas drogas, notadamente o ***RU 486 (mifepristona)***, podem induzir o chamado aborto não-cirúrgico. O RU 486 bloqueia a ação da progesterona, sendo que a progesterona (como discutido anteriormente) prepara o endométrio uterino para a implantação e, posteriormente, mantém o revestimento uterino após a implantação. Se os níveis de progesterona baixarem durante a gravidez, ou se sua ação for bloqueada, ocorre uma menstruação e o embrião é eliminado juntamente com o revestimento uterino. Dentro de 12 horas após a administração do RU 486, o endométrio inicia sua degeneração e começa a descamar dentro de 72 horas. A prostaglandina, que estimula as contrações uterinas, é administrada após o RU 486 para auxiliar na expulsão do endométrio. O RU 486 pode ser administrado até cinco semanas após a fertilização. Um efeito colateral da droga é o sangramento uterino. O RU 486 está sendo submetido a testes clínicos nos Estados Unidos mas tem sido utilizado há muitos anos na França, na Suécia, no Reino Unido e na China.

Herança Genética

Objetivo: *Descrever os princípios básicos da herança genética.*

Herança é a passagem dos traços hereditários de uma geração à outra. ***Genética*** é o ramo da Biologia que estuda a herança.

O Genótipo e o Fenótipo

O núcleo de todas as células humanas, exceto o dos gametas, contém 23 pares de cromossomos. Um cromossomo de cada par provém da mãe e o outro do pai. Os dois cromossomos de cada par, denominados ***cromossomos homólogos***, contêm genes que controlam as mesmas características. Se um cromossomo é portador de um gene para altura, seu homólogo também portará um gene para altura. Os genes que controlam a mesma característica herdada, por exemplo, altura, cor dos olhos ou cor dos cabelos, e que ocupam a mesma posição nos cromossomos homólogos, são conhecidos como ***alelos***.

A relação entre genes e hereditariedade é ilustrada pela herança de uma doença chamada de ***fenilcetonúria***. Os indivíduos que portam esta doença não têm o gene que produz uma enzima necessária à conversão do aminoácido fenilalanina em um aminoácido chamado de tirosina. Níveis altos de fenilalanina são tóxicos ao cérebro durante os primeiros anos de vida, quando o cérebro está se desenvolvendo, e resultam em deficiência mental. O gene normal para a conversão de fenilalanina em tirosina é simbolizado por *P*, enquanto o gene anormal é simbolizado por *p* (Figura 24.11). O cromossomo que é responsável pela conversão normal de fenilalanina em tirosina possui *P* ou *p*. Seu cromossomo homólogo também apresenta *P* ou *p*. Assim, cada indivíduo terá uma das combinações genéticas, ou ***genótipos***, seguintes: *PP*, *Pp* ou *pp*. Embora os portadores do genótipo *Pp* possuam um gene anormal, somente aqueles com genótipo *pp* têm a doença, pois o gene normal, quando presente, domina sobre o anormal. Um gene que domina outro é chamado de ***gene dominante***, e a característica por ele determinada, de característica dominante. O gene que não é expresso na presença do dominante é chamado de ***gene recessivo***, e a característica que ele controla, uma característica recessiva.

Tradicionalmente, simbolizamos o gene dominante com uma letra maiúscula e o recessivo com uma letra minúscula. O indivíduo que apresenta os mesmos genes em cromossomos homólogos (por exemplo, *PP* ou *pp*) é dito ***homozigoto*** para a característica. Um indivíduo que porta genes diferentes em cromossomos homó-

*N de T. Legalmente, dependendo da legislação de cada país.

Na ***dominância incompleta***, nenhum dos componentes de um par gênico (alelos) é dominante sobre o outro, e o heterozigoto apresenta um fenótipo intermediário entre o homozigoto dominante e o homozigoto recessivo. Um exemplo de dominância em humanos é a herança da ***anemia falciforme***. Indivíduos com o genótipo homozigoto dominante Hb^AHb^A formam hemoglobina normal. Aqueles com genótipo homozigoto recessivo Hb^sHb^s desenvolvem a doença chamada de ***anemia falciforme,*** que se caracteriza por produzir uma anemia grave. Embora sejam freqüentemente saudáveis, os indivíduos com o genótipo heterozigoto Hb^AHb^s apresentam um certo grau de anemia, já que eles produzem ambas formas de hemoglobina, normal e falciforme. Indivíduos nesta última categoria são portadores; eles são às vezes referidos como tendo a característica falciforme.

Embora um indivíduo herde somente dois alelos para cada gene, alguns genes podem apresentar mais do que duas formas alternativas, sendo esta a base da ***herança de alelos múltiplos***. Um exemplo de herança de alelos múltiplos é a herança do sistema sangüíneo *ABO*. Os quatro tipos (fenótipos) do sistema *ABO* – *A, B, AB* e *O* – resultam da herança de seis combinações das três formas existentes de um único gene que codificam para a mesma característica, chamada de gene *I*: (1) I^A produz o antígeno A, (2) I^B produz o antígeno B e (3) *i* não produz nem o antígeno A nem o B. Cada indivíduo herda dois *genes I*, um de cada progenitor, que originam os diversos fenótipos. As seis possibilidades de genótipos determinam os quatro tipos sangüíneos, como se segue:

Genótipo	*Tipo Sangüíneo (Fenótipo)*
$I^A I^A$ ou $I^A i$	A
$I^B I^B$ ou $I^B i$	B
$I^A I^B$	AB
ii	O

Observe que ambos, I^A e I^B, são herdados como características dominantes mas que *i* é herdado como uma característica recessiva. No caso de um indivíduo com fenótipo AB, ele apresenta características de ambos os tipos A e B de hemácias expressas no fenótipo, os genes I^A e I^B são chamados de ***co-dominantes***. Em outras palavras, ambos os genes se expressam igualmente no indivíduo heterozigoto. Dependendo dos tipos sangüíneos paternos, os irmãos poderão apresentar de um a quatro tipos sangüíneos diferentes.

A maioria das características herdadas não é controlada por um único gene, mas pela combinação de diversos genes. A isto se denomina ***herança poligênica*** (*poly* = muitos). Uma característica poligênica apresenta uma gradação contínua de pequenas diferenças entre fenótipos extremos. Exemplos de características poligênicas incluem cor da pele, dos cabelos e dos olhos, altura e tipo físico. Suponhamos que a cor da pele seja controlada por três genes diferentes, cada qual com dois alelos: *A, a, B, b* e *C, c*. Enquanto um indivíduo com o genótipo *AABBCC* apresenta pele preta, um indivíduo com o genótipo *aabbcc* apresenta pele muito clara, e um indivíduo *AaBbCc* apresenta pele intermediária (morena). Os pais que tenham uma pele de cor morena podem ter filhos com pele morena, muito clara ou negra.

Os Genes e o Meio Ambiente

A expressão fenotípica de um gene em particular é influenciada não somente pela presença de diferentes alelos, mas também pelo ambiente. Colocado de outra maneira, um dado fenótipo é o resultado da interação entre o genótipo e o meio ambiente. Por exemplo, a altura, bem como a estrutura corporal e a cor do cabelo, são todas influenciadas pelo efeito combinado de muitos genes. Mesmo que um indivíduo herde genes para uma estatura alta, seu potencial total pode não ser atingido devido a fatores ambientais, tais como doenças ou desnutrição durante os anos de desenvolvimento.

A exposição de um embrião em desenvolvimento ou feto a certos fatores ambientais (alterações uterinas), pode causar danos ao organismo em desenvolvimento ou mesmo causar a morte. Um ***teratogênico*** (*terato* = monstro) é qualquer agente ou influência causadora de defeitos físicos no embrião em desenvolvimento. Por exemplo, pesticidas, agentes desfoliantes, produtos químicos industriais, anticoagulantes orais, anticonvulsivantes, agentes antitumorígenos, drogas tireóideas, talidomida, dietiletilbestrol (DES), LSD, maconha, cocaína, álcool, nicotina e radiações iônicas. A talidomida, um agente utilizado durante os anos 60, afeta o desenvolvimento dos membros do feto. Uma mulher grávida que usa cocaína sujeita seu feto a riscos tais como peso baixo, crescimento tardio, problemas de atenção e orientação, alteração no processamento visual, hiperirritabilidade, tendência a paradas respiratórias súbitas, a chamada síndrome da morte súbita do recém-nascido (SIDS), malformação ou ausência completa de órgãos, derrame cerebral e convulsões. Os riscos de aborto espontâneo, nascimento prematuro e natimorto também estão aumentados pela exposição fetal à cocaína.

O álcool é o agente teratogênico número um. A exposição intra-uterina ao álcool resulta na ***síndrome do feto alcoólico*** (SFA), que afeta um em cada mil nascimentos. A SFA é a maior causadora de deficiência mental nos Estados Unidos. Outros sintomas incluem baixa taxa de crescimento antes e depois do nascimento, visão defeituosa, cabeça pequena, irregularidades faciais como abertura ocular estreita e nariz afundado, defeitos cardíacos e em outros órgãos, malformação de membros, anormalidades nos órgãos genitais externos, danos ao sistema nervoso central, deficiência mental e deficiências de aprendizado, além de problemas de comportamento tais como hiperatividade, nervosismo excessivo e incapacidade de concentração.

As últimas evidências indicam uma relação causal entre o fumo durante a gravidez e um baixo peso do bebê ao nascimento e, também, uma associação entre o fumo e algumas anormalidades cardíacas, anencefalia (ausência de cérebro no crânio) e altas taxas de mortalidade infantil e fetal. O fumo por parte da mãe também parece ser a causa do aparecimento de lábio leporino e palato fendido e da SIDS. As crianças amamentadas por mães fumantes apresentam um aumento na incidência de distúrbios gastrintestinais. Finalmente, filhos de mães fumantes apresentam um aumento da incidência de problemas respiratórios (pneumonia e bronquite) durante o primeiro ano de vida.

As radiações ionizantes são teratogênicos poderosos. O tratamento de mulheres gestantes com altas doses de raio X e o elemento radioativo rádio, durante o período suscetível do desenvolvimento embrionário pode provocar microcefalia (tamanho reduzido da cabeça em relação ao restante do corpo), deficiência mental e malformação óssea. Aconselha-se cuidado no uso de raios X para diagnóstico durante o primeiro trimestre de gestação.

A Herança do Sexo

Um único par de cromossomos nas células difere entre homens e mulheres (Figura 24.12a). Nas mulheres, este par consiste de dois cromossomos denominados X. Um cromossomo X também está presente nos homens, mas seu par é um cromossomo denominado Y. O par cromossômico XX nas mulheres e o XY nos homens são chamados de ***cromossomos sexuais***. Todos os outros cromossomos são chamados de ***autossomos***.

foco no bem-estar

Leite Materno: Uma Alternativa Natural para a Prevenção de Infecções

A UNICEF e a Organização Mundial de Saúde (OMS) recomendam que todas as mulheres amamentem seus filhos até os dois anos de idade ou além. Ainda assim, somente 56% das mães de recém-nascidos nos Estados Unidos deixam o hospital amamentando e, quando as crianças atingem três meses de idade, somente 20% das mães continuam amamentando. Parece que os pais nos Estados Unidos encaram as fórmulas comerciais como um equivalente nutricional ao leite materno, e muito mais conveniente. Pesquisas extensivas sobre a composição do leite materno contrariam isto. A amamentação oferece diversas vantagens para a saúde do bebê, entre elas a proteção contra infecções.

Mais do que Claro

Médicos em países desenvolvidos e em desenvolvimento têm observado há muito tempo que bebês amamentados "ao peito" contraem menos infecções que os bebês que se alimentam de fórmulas comerciais. Esta observação foi originalmente atribuída ao fato de que a fórmula deve, na maioria das vezes, ser reidratada e colocada em mamadeiras plásticas, facilitando, assim, a contaminação. Sabe-se agora que o leite materno contém uma panacéia de ingredientes que aumentam a habilidade da criança para o combate de doenças, incluindo anticorpos e algumas células do sistema imunológico.

Mantendo o Intestino Intacto durante o Ataque

Muitas substâncias no leite materno aumentam a imunidade específica e a não-específica a doenças no trato gastrintestinal do bebê. Entre elas está uma família de anticorpos secretores de *imunoglobulina A (IgA)*. Quando a mãe enfrenta patógenos, ela produz anticorpos específicos contra cada agente etiológico. Eles passam ao leite materno e escapam à digestão no trato gastrintestinal do bebê por serem protegidos por um assim chamado componente secretório. Uma vez no trato gastrintestinal do bebê, esses anticorpos se ligam aos agentes infecciosos alvo, evitando que atravessem o revestimento do trato. Esta proteção é particularmente importante nos primeiros dias de vida, porque os bebês nesta fase (até muitas semanas ou meses de vida) ainda não iniciaram a produção de IgA secretória. A proteção gerada pelos anticorpos do leite materno é útil para os primeiros anos de vida, porque a resposta imunológica da criança somente atinge sua maturidade por volta dos cinco anos de idade.

Os anticorpos secretores de IgA realizam sua função organizada e discretamente. Eles atacam os patógenos de forma específica sem atingir a flora intestinal ou causar inflamações. Isto é importante porque, apesar de as inflamações terem uma função importante no combate às infecções, algumas vezes o processo sobrecarrega o trato gastrintestinal e as crianças sofrem mais com o processo inflamatório, que pode destruir tecidos saudáveis, que com a infecção propriamente dita. As altas quantidades de *interleucina 10*, moléculas do sistema imunológico encontradas no leite materno, também auxiliam na inibição às infecções. E uma substância chamada de *fibronectina* aumenta a atividade fagocitária dos macrófagos, inibe inflamações e auxilia no reparo de tecidos danificados pela inflamação.

Muitas outras moléculas presentes no leite materno auxiliam no combate aos patógenos. *Mucinas*, certos *oligossacarídeos* (cadeias de açúcares) e *glicoproteínas* (compostos carboidrato-protéicos) se ligam aos micróbios, prevenindo sua ação no revestimento intestinal.

O Desencorajamento de Visitantes Indesejados

Os componentes do leite materno tornam o trato digestório do bebê impróprio para o desenvolvimento de bactérias de diversas outras formas. Muitas das células imunológicas do leite materno, incluindo *linfócitos T* e *macrófagos*, atacam diretamente os microrganismos invasores. Alguns componentes diminuem o suprimento de nutrientes tais como ferro e vitamina B_{12} necessários para a sobrevivência desses agentes. Uma substância chamada de *fator bífido* promove o crescimento da flora intestinal normal, que auxilia na prevenção de infecções. *Ácidos retinóicos*, um grupo de substâncias precursoras da vitamina A, reduz a capacidade de replicação viral. E alguns dos hormônios e fatores de crescimento presentes no leite materno estimulam o trato gastrintestinal do bebê a uma maturação mais rápida, tornando-o menos vulnerável a invasores perigosos.

Pensamento Crítico

Descreva por que a prevenção de infecções por meio da amamentação materna é preferível com relação à medicação com antibióticos.

Quais são alguns dos fatores que condicionam as mulheres nos Estados Unidos a evitarem amamentação de seus bebês?

3. A relaxina relaxa a sínfise púbica e auxilia na dilatação do colo do útero próximo ao final da gestação.
4. A inibina inibe a secreção de FSH e pode auxiliar na regulação do hGH.

Gestação (p. 563)

1. O período em que um embrião ou feto se desenvolve dentro do útero é chamado de gestação.
2. A gestação humana dura aproximadamente 38 semanas a partir da data estimada de fertilização.
3. Durante a gestação, a mãe sofre alterações anatômicas e fisiológicas em preparação para o parto.

Técnicas de Diagnóstico Pré-natal (p. 563)

1. A amniocentese é a retirada do líquido amniótico para o diagnóstico de deficiências bioquímicas e doenças genéticas tais como hemofilia, doença de Tay-Sachs, anemia falciforme e síndrome de Down.
2. A amostragem da vilosidade coriônica (AVC) envolve a retirada de vilosidade coriônica para análise cromossômica.
3. A AVC pode ser realizada mais cedo do que a amniocentese e seus resultados ficam prontos mais rapidamente.

Trabalho de Parto (p. 563)

1. O parto é o processo no qual contrações uterinas expulsam o feto ao exterior através da vagina.
2. O nascimento de um bebê envolve dilatação do colo do útero, expulsão do feto e eliminação da placenta.

Lactação (p. 564)

1. A lactação refere-se à secreção e à ejeção do leite pelas glândulas mamárias.
2. A secreção láctea é influenciada pela prolactina, pelos estrógenos e pela progesterona.
3. A ejeção láctea é influenciada pela ocitocina (OT).

Contracepção (p. 565)

1. Os métodos incluem esterilização (vasectomia, ligação das tubas uterinas), hormonal, dispositivos intra-uterinos, barreiras (camisinha, tampão cervical e diafragma), químicos (espermicidas), fisiológicos (métodos do ritmo e simpto-termal), coito interrompido e aborto induzido.
2. Veja o Quadro 24.3 para um resumo dos métodos contraceptivos.

Herança Genética (p. 567)

1. Herança genética é a passagem das características herdadas de uma geração à outra.
2. A composição genética de um indivíduo é o seu genótipo. As características expressas são o seu fenótipo.
3. Os genes dominantes controlam uma característica particular; a expressão dos genes recessivos é inibida pelos genes dominantes.
4. A maior parte dos padrões de herança não se caracteriza pela simples herança dominante-recessiva. Exemplos são a dominância incompleta (anemia falciforme, alelos múltiplos do grupo sangüíneo ABO) e a herança poligênica (cor da pele).
5. Um dado fenótipo é o resultado das interações do genótipo e do seu meio ambiente.
6. Agentes teratogênicos são substâncias causadoras de defeitos físicos em embriões em desenvolvimento. Elas incluem a talidomida, as drogas, o álcool, a nicotina e a radiação ionizante.
7. O sexo é determinado pelo conteúdo cromossômico (Y ou X) do espermatozóide durante a fertilização.
8. O daltonismo e a hemofilia afetam principalmente os homens, devido à ausência da inibição pela dominância no cromossomo Y.

Auto-avaliação

1. Faça as associações:

____ a.	Divisão inicial do zigoto que aumenta o número de células mas não o volume.	A. Blastocisto
____ b.	Massa sólida de células 3-4 dias após a fertilização.	B. Trofoblasto
____ c.	Uma esfera oca de células encontrada na cavidade do útero em torno dos 5 dias após a fertilização.	C. Mórula
____ d.	Porção do blastocisto que se desenvolve formando embrião.	D. Massa celular interna de células
____ e.	Porção do blastocisto que irá formar o córion e a placenta.	E. Zigoto
____ f.	Resulta da clivagem do zigoto secundário.	F. Clivagem
____ g.	Resulta da fertilização entre o espermatozóide e o oócito secundário	G. Trofoblasto

2. Qual entre as seguintes é a membrana embrionária que envolve mais intimamente o feto em desenvolvimento?
   a. âmnio b. umbigo c. córion d. placenta
   e. zona pelúcida
3. A circulação fetal difere da do adulto no seguinte:
   a. o feto transporta o sangue oxigenado na artéria umbilical. b. o trato intestinal, os rins e os pulmões não estão em funcionamento. c. o coração não está funcionando. d. o feto utiliza CO_2 e o adulto utiliza O_2. e. o fluxo sangüíneo é reverso nas artérias e nas veias.
4. O forame oval está localizado:
   a. entre os átrios. b. entre os ventrículos c. entre o átrio direito e o ventrículo direito. d. entre o ventrículo direito e o tronco pulmonar. e. entre o tronco pulmonar e a veia pulmonar.
5. Os altos níveis de estrógenos e progesterona necessários para a manutenção da gestação são fornecidos pela placenta entre:
   a. o 1º e o 3º mês b. o 1º e o 9º mês c. o 1º e o 6º mês d. o 3º e o 6º mês e. o 3º e o 9º mês.

Respostas das Auto-Avaliações

Capítulo 1

.c 2. a. A b. B c. E d. C e. G f. H G g. F h.3. b.a. pele e estruturas ssociadas. b. regulação da temperatura corporal, proteção, elimi-ação de impurezas, produção de vitamina D, recepção de estímu-os c. linfático, imune d. protege contra doenças, filtra os líquidos orporais, transporta gorduras, devolve as proteínas e plasma ao istema cardiovascular e. respiratório f. nariz, garganta, laringe, raquéia, pulmões g. testículos, ovários, vagina, trompas uterinas, tero, pênis h. reproduz o organismo i. urinário j. regula a compo-ição do sangue; elimina impurezas; regula o equilíbrio líquido e letrolítico e o volume; ajuda a manter o equilíbrio ácido-básico; juda a controlar a produção das hemáceas. 5.D 6. d 7. a 8. c 9. d 0. a 11. c 12. D 13. b 14. a. D b. A c H d. F. e G f. E g. C h. B 15. e 6. b

Capítulo 2

. d 2. c3. b 4.b 5.a 6. d 7. e 8. c 9. d 10. a 11. e 12. c 13. d 14. b 5. e 16. c 17. a. R,D b. D c. D d. R e. R f. D g. D h. R i. R, D j. R, D 8. a. F b. D c. A d. E e. C f. B

Capítulo 3

. b 2.a 3.c 4.c 5. c6. B 7. a. B b. F c. G d. H e. C f. E g. D h. A 8.a 9. 10. b 11. b a. C b. E c. F d. B e. D f. A 13. d 14. a 15. e

Capítulo 4

. c 2. d 3. e 4. a.5. c.6. a C b. G c. E d. D e. H f. F g. B h. A i. I 8. b . d 10. b

Capítulo 5

. d 2.e 3. a 4. e 5. e 6.b 7. c 8. a 9.a 10. a 11. b 12. a 13. c 14. b 15. 16. b 17. a D b. F c. E d. G e. H f. A g. C h. B i.I

Capítulo 6

1. b 2.d 3. d 4. b 5. d 6. c 7. a 8. a 9. a 10. a. E b. D c. A d. C e. B 11. e 12. a. AX b. AP c. AP d. AX e. AP f. AP g. AP h. AX i. AP j. AP k. AX l. AP m. AX n. AP o. AX p. AP q. AX r. AX s. AP t. AX u. AX v. AP w. AX x. AX y. AX z. AP aa. AP bb. AP c. AX d. AX 13. a. C b. E c. B d. D e. A

Capítulo 7

1. d 2. b 3. e 4. d 5. e 6.c 7. b 8. c 9. b 10. c 11. c 12. a 13. a. A b. G c. B d. C e. D f. E g. F h. J i. I j. H

Capítulo 8

1. c 2. c 3. e 4. b 5. b 6. d 7. a 8. c 9. c 10. a 11. d 12. b 13. e 14. b 15. c 16. a 17. b 18. d a. B b. C c. E d. G e. N f. H g. O h. P i. T j. I k. Y l. D m. Q n. W o. X p. M q. V r. K s. A t. L u. S v. U w. R x. J y. F

Capítulo 9

1. c 2. b 3. e 4. d 5. d 6. c 7. d 8. c 9. a. F b. T c. F d.T 10. a. H b. A c. D d. E e. I f. G g. J h. F i. C j. B k. L l. N m. K n. M 11. d 12. e

Capítulo 10

1. c 2. a 3. e 4. d 5. a 6. c 7. c 8. b 9. a 10. a 11. e 12. a 13. e 14. b 15. a e e 16. c 17. b

Capítulo 11

1. d 2. e 3. a 4. c 5. e 6. d 7. a. F b. T c. T d. F 8. e 9. d

Glossário

Abdome A região entre o músculo diafragma e a pelve.

Abdome, cavidade do Porção superior da cavidade abdominopélvica que contém o estômago, baço, fígado, vesícula biliar, pâncreas, intestino delgado e a maior parte do intestino grosso.

Abdominopélvica, cavidade Componente inferior da cavidade ventral do corpo; é subdividida em uma cavidade abdominal, superior, e uma cavidade pélvica, inferior.

Abdução Movimento para longe da linha mediana do corpo ou de suas partes.

Aborto A perda prematura (espontâneo) ou remoção (induzido) do embrião ou feto inviável; qualquer falha no processo normal de desenvolvimento ou maturação.

Abrasão Porção de pele que foi raspada.

Abscesso Coleção localizada de pus e tecido liquefeito em uma cavidade.

Absorção A captação de líquidos por sólidos ou de gases por sólidos ou líquidos; a entrada de líquidos ou outras substâncias por células da pele ou túnicas mucosas; a passagem dos alimentos digeridos do trato gastrintestinal ao sangue ou linfa.

Acetábulo Cavidade arredondada na superfície externa do osso do quadril, que recebe a cabeça do fêmur.

Acetilcolina (ACh) Neurotransmissor liberado nas sinapses do sistema nervoso, que estimula a contração do músculo esquelético.

Acidente vascular cerebral (AVC) Destruição de tecido cerebral (infarto) resultante de distúrbios dos vasos sangüíneos que suprem o encéfalo. Também chamado ***derrame***.

Ácido Doador de prótons, ou substância que se dissocia em íons hidrogênio (H+) e ânions, caracterizada por excesso de íons hidrogênio e pH menor que 7.

Ácido desoxirribonucléico (DNA) Ácido nucléico em forma de dupla hélice, construída de nucleotídeos consistindo de quatro bases nitrogenadas (adenina, citosina, guanina e timina), desoxirribose e um grupo fosfato; a informação genética está codificada nos nucleotídeos.

Ácido ribonucléico (RNA) Ácido nucléico de fita única composto de nucleotídeos, consistindo de um dentre quatro possíveis bases nitrogenadas (adenina, citosina, guanina ou uracil), ribose e um grupo fosfato; os três tipos são o RNA mensageiro (RNAm), RNA de transferência (RNAt) e RNA ribossômico (RNAr), cada um dos quais coopera com o DNA para a síntese das proteínas.

Acidose Condição em que o pH do sangue varia de 7,35 a 6,80 ou menos.

Ácinos Massas de células no pâncreas que secretam enzimas digestivas.

Acomodação Alteração na curvatura da lente do olho, para ajustar a visão em várias distâncias; focalização.

Acromegalia Condição causada por hipersecreção do hormônio de crescimento humano (hGH) durante a vida adulta, caracterizada por ossos espessados e aumento de outros tecidos.

Actina A proteína contrátil que compõe os miofilamentos finos em uma fibra (célula) muscular.

Acupuntura A inserção de uma agulha em um tecido para fins de coletar líquido ou aliviar a dor. Também é uma prática chinesa antiga usada para curar doenças, inserindo agulhas em localizações específicas da pele.

Adão, pomo de Ver Cartilagem tireóide.

Adaptação O ajuste da pupila do olho a variações de luz. A propriedade pela qual um neurônio emite uma freqüência diminuída de potenciais de ação de um receptor, mesmo que a força do estímulo permaneça constante; a diminuição na percepção de uma sensação ao longo do tempo, enquanto o estímulo ainda está presente.

Adenilatociclase Enzima na membrana pós-sináptica que é ativada quando certos neurotransmissores ligam-se a seus receptores; a enzima converte ATP em AMP cíclico.

Adeno-hipófise O lobo anterior da hipófise (glândula pituitária).

Adenóides Tonsilas faríngeas inflamadas e aumentadas.

Adenosina, trifosfato de (ATP) A molécula universal condutora de energia, fabricada em todas as células vivas como um modo de capturar e armazenar energia. Ele consiste da base púrica adenina e do açúcar de cinco carbonos ribose, aos quais são adicionados, em arranjo linear, três moléculas de fosfato.

Adipócito Célula de gordura, derivada de um fibroblasto.

Adrenais, glândulas Duas glândulas localizadas acima de cada rim. Também denominadas ***glândulas supra-renais***.

Adrenal, córtex A porção externa de uma glândula adrenal (supra-renal), dividida em três zonas, cada uma das quais possui um arranjo celular diferente e secreta hormônios diferentes.

Adrenal, medula A porção interna de uma glândula adrenal (supra-renal), consistindo de células que secretam epinefrina (adrenalina) e norepinefrina (noradrenalina) em resposta à estimulação de neurônios simpáticos pré-ganglionares.

Adrenérgica, fibra Fibra nervosa que, quando estimulada, libera norepinefrina (noradrenalina) em uma sinapse.

Adrenocorticotrópico, hormônio (ACTH) Hormônio produzido pela adeno-hipó-

ambas estão aderidas, de modo que a mobilidade é pequena.

Angina pectoris Dor no tórax relacionada à circulação coronária reduzida, que pode ou não envolver doença cardíaca ou arterial.

Angiotensina Uma das duas formas de uma proteína associada com a regulação da pressão arterial. A angiotensina I é produzida pela ação da renina sobre o angiotensinogênio e é convertida pela ação de uma enzima plasmática em angiotensina II, que estimula a secreção de aldosterona pelo córtex supra-renal.

Anomalia Anormalidade que pode ser um defeito do desenvolvimento (congênito); uma variante do padrão usual (normal) com alteração da função.

Anorexia nervosa Transtorno crônico caracterizado por perda de peso auto-induzida, distúrbios da imagem corporal e outros distúrbios perceptuais, e alterações fisiológicas resultantes da depleção nutricional.

Antagonista Músculo que tem uma ação oposta à do movimentador primário (agonista) e que contrabalança o seu movimento.

Anterior Mais perto da ou na frente do corpo. Também denominado ***ventral***.

Ântero-lateral, via Via sensitiva que conduz informação relacionada à dor, temperatura, tato grosseiro, pressão e prurido.

Antibiótico Literalmente, "antivida"; uma substância química produzida por um microrganismo que é capaz de inibir o crescimento ou matar outros microrganismos.

Anticoagulante Substância capaz de retardar, suprimir ou impedir a coagulação do sangue.

Anticorpo Proteína produzida por certas células em resposta a um antígeno específico; o anticorpo combina-se com o antígeno para neutralizar, inibir ou destruí-lo. Também denominado ***imunoglobulina ou Ig***.

Anticorpos, imunidade mediada por O componente da imunidade em que os linfócitos (células B) se transformam em plasmócitos, que produzem anticorpos que destroem os antígenos. Também denominada ***imunidade humoral***.

Antidiurético Substância que inibe a formação de urina.

Antidiurético, hormônio (ADH) Hormônio produzido por células neurossecretoras nos núcleos paraventricular e supra-óptico do hipotálamo, que estimula a reabsorção de água pelas células renais e a vasoconstrição das arteríolas. Também denominado ***vasopressina***.

Antígeno Qualquer substância que, quando introduzida nos tecidos ou sangue, induz a formação de anticorpos e reage somente com aqueles anticorpos específicos.

Antígenos leucocitários humanos associados (HLA) Proteínas de superfície nos leucócitos e outras células nucleadas que são exclusivas de cada pessoa (exceto em gêmeos idênticos) e são usadas para tipificar os tecidos e auxiliar a prevenir a rejeição.

Anúria Produção diária de urina menor que 50 ml.

Ânus A abertura na extremidade distal do intestino grosso.

Aorta O principal tronco sistêmico do sistema arterial do corpo; sai do ventrículo esquerdo.

Aparelho justaglomerular Consiste da mácula densa (células do túbulo contorcido distal adjacentes às arteríolas aferente e eferente) e células justaglomerulares (células modificadas da arteríola aferente e algumas vezes da eferente); secreta renina quando a pressão arterial começa a cair.

Apêndice vermiforme Tubo dobrado, aderido ao ceco, como um divertículo longo.

Apendicite Inflamação do apêndice vermiforme.

Apnéia Cessação temporária da respiração.

Aponeurose Tendão em forma laminar que une um músculo a outro ou com o osso.

Apoptose Tipo normal de morte celular que remove as células desnecessárias durante o desenvolvimento embrionário, regula o número de células nos tecidos e elimina muitas células potencialmente perigosas, como as células cancerosas.

Aprendizado A capacidade de adquirir conhecimento ou habilidade por meio de instrução ou experiência.

Aqueduto do mesencéfalo Canal através do mesencéfalo, conectando o terceiro e o quarto ventrículos e contendo líquido cerebrospinal.

Aquiles, tendão de Ver Tendão calcâneo.

Aracnóide O revestimento médio (meninge) do encéfalo e medula espinal.

Arco reflexo A via de condução mais básica através do sistema nervoso, conectando um receptor e um efetor, e consistindo de um receptor, um neurônio sensitivo, um centro no sistema nervoso central para a sinapse, um neurônio motor e um efetor.

Aréola Qualquer espaço pequeno em um tecido. O anel pigmentado em torno da papila mamária (mamilo).

Arreflexia Ausência de reflexos.

Arritmia Ritmo cardíaco irregular. Também denominado ***disritmia***.

Artéria Vaso sangüíneo que transporta o sangue para longe do coração.

Arteríola aferente Vaso sangüíneo de um rim que penetra em uma rede capilar denominada glomérulo; existe uma arteríola aferente para cada glomérulo renal.

Arteríola eferente Vaso do sistema vascular renal que transporta o sangue do glomérulo renal ao capilar peritubular.

Arteríola Artéria pequena, quase microscópica, que leva o sangue ao vaso capilar.

Arteriosclerose Grupo de doenças caracterizado pelo espessamento das paredes das artérias e perda da elasticidade.

Articulação Uma junta; um ponto de contato entre ossos, cartilagem e ossos ou dentes e ossos.

Articulação esferóide (cotilóide) Articulação sinovial em que a superfície arredondada de um osso se move dentro de uma depressão em forma de copo ou fossa de outro osso, como no ombro ou quadril.

Articulação gínglimo Articulação sinovial em que uma superfície convexa de um osso ajusta-se a uma superfície côncava de outro osso, como o cotovelo, joelho, tornozelo e articulações interfalângicas. Também denominadas popularmente ***em dobradiça***.

Articular, cápsula Estrutura em forma de luva em torno de uma articulação sinovial, composta de uma cápsula fibrosa e uma membrana sinovial.

Articular, cartilagem Cartilagem hialina aderida às superfícies articulares ósseas.

Articular, disco Coxim de fibrocartilagem entre as superfícies articulares dos ossos de algumas articulações sinoviais. Também denominado ***menisco***, no joelho.

Artrite Inflamação de uma articulação.

Artroscopia Procedimento para examinar o interior de uma articulação, usualmente o joelho, inserindo um artroscópio em uma pequena incisão; usada para determinar a extensão da lesão, remover a cartilagem rompida, reparar os ligamentos cruzados e obter amostras para análise.

Árvore bronquial A traquéia, os brônquios e suas estruturas de ramificação.

Asfixia Inconsciência devido à interferência com o suprimento de oxigênio do sangue.

Asma Usualmente, uma reação alérgica caracterizada por espasmos do músculo liso nos brônquios, resultando em sibilância e respiração difícil. Também denominada ***asma brônquica***.

Braço A porção do membro superior do ombro ao cotovelo.

Bradicardia Lentidão dos batimentos cardíacos ou freqüência de pulso.

Broca, área de Área motora do cérebro, no lobo frontal, que traduz os pensamentos em fala. Também denominada ***área motora da fala***.

Broncogênico, carcinoma Câncer originado nos brônquios.

Broncoscopia Exame visual do interior da traquéia e brônquios com um broncoscópio, para biopsiar um tumor, remover uma causa de obstrução, colher material para cultura, interromper um sangramento ou aplicar drogas.

Brônquio Um dos dois ramos grandes da traquéia.

Bronquíolo Ramo de um brônquio terciário (segmentar), dividindo-se ainda mais em bronquíolos terminais (distribuídos aos lóbulos do pulmão), que se dividem em bronquíolos respiratórios (distribuídos aos sáculos alveolares).

3rônquios Ramos das vias respiratórias incluindo os brônquios primários ou principais (as duas divisões da traquéia), secundários ou lobares (divisões dos primários que são distribuídas aos lobos do pulmão), e terciários ou segmentares (divisões dos secundários que são distribuídas aos segmentos broncopulmonares do pulmão).

ironquite Inflamação dos brônquios caracterizada por hipertrofia e hiperplasia das glândulas seromucosas e células mucoprodutoras que revestem os brônquios, resultando em tosse produtiva.

ucal Referente à bochecha ou à boca.

ulbouretrais, glândulas Par de glândulas localizados inferiormente à glândula próstata, de cada lado da uretra, que secreta um líquido alcalino na parte esponjosa da uretra. Também denominadas ***glândulas de Cowper***.

ulimia Transtorno caracterizado pela ingestão excessiva de alimento, no mínimo duas vezes por semana, seguida pela eliminação por meio de vômitos auto-induzidos, dietas estritas, jejum, exercício vigoroso ou uso de laxantes.

ursite Inflamação de uma bolsa.

abeça A parte superior (cefálica) do ser humano, acima do pescoço. A parte superior ou proximal de uma estrutura.

äibra Contração espasmódica, especialmente tônica, de um dentre vários músculos, usualmente dolorosa.

alafrio Contração involuntária de um músculo, que produz calor.

lcâneo, tendão O tendão dos músculos sóleo, gastrocnêmio e plantar, na parte posterior do calcanhar. Também denominado ***tendão de Aquiles***.

Calcificação Endurecimento por depósitos de sais de cálcio.

Calcitonina (CT) Hormônio produzido pela glândula tireóide, que reduz os níveis de cálcio e fosfato do sangue, inibindo a degradação óssea e acelerando a absorção de cálcio pelos ossos.

Cálculo biliar Concreção, freqüentemente consistindo de colesterol, formada em qualquer local entre os canalículos biliares no fígado e a ampola hepatopancreática (de Vater), onde a bile entra no duodeno.

Cálculo renal Concentração, freqüentemente consistindo de cristais de oxalato de cálcio, ácido úrico e fosfato de cálcio, que pode se formar em qualquer parte do trato urinário.

Cálice Qualquer divisão em forma de taça da pelve renal.

Calo Crescimento de tecido ósseo novo dentro e em torno de uma área fraturada, finalmente substituído por osso maduro. Espessamento adquirido, localizado.

Caloria Uma unidade de calor. Uma caloria (cal) é a unidade-padrão, sendo a quantidade de calor necessária para elevar 1 g de água 1°C, de 14° para 15°C. A quilocaloria (kcal), usada em estudos metabólicos e nutricionais, é a quantidade de calor necessária para elevar 1.000 g de água 1°C, e é igual a 1.000 cal.

Camada germinativa primária Uma das três camadas de tecido embrionário, denominadas ectoderma, mesoderma e endoderma, que originam todos os tecidos e órgãos do organismo.

Canal central Canal circular correndo longitudinalmente no centro de uma osteona (sistema haversiano) de osso compacto maduro, contendo vasos sangüíneos e linfáticos e nervos. Também denominado ***canal haversiano***. Tubo microscópico que percorre o comprimento da medula espinal na substância cinzenta.

Canal da raiz do dente Extensão estreita da cavidade do dente (pulpar), situada dentro da raiz de um dente.

Canal de Schlemm Ver Seio venoso da esclera.

Canal vertebral Cavidade dentro da coluna vertebral, formada pelos forames de todas as vértebras e contendo a medula espinal.

Canalículo Pequeno canal, como nos ossos, onde eles conectam as lacunas.

Câncer Tumor maligno de origem epitelial, tendendo a infiltrar-se e dar origem a novos crescimentos ou metástases. Também denominado ***carcinoma***.

Capacitação As alterações funcionais que o espermatozóide sofre no trato genital feminino, que lhe permitem fertilizar um oócito secundário.

Capilar Vaso sangüíneo microscópico localizado entre uma arteríola e vênula, através do qual os materiais são trocados entre o sangue e as células do tecido.

Caquexia Estado de má saúde, desnutrição e emagrecimento.

Caracteres sexuais secundários As características típicas do corpo masculino ou feminino, que se desenvolvem na puberdade sob a estimulação dos hormônios sexuais, mas não estão diretamente envolvidos na reprodução sexual, como a distribuição dos pêlos corporais, tom de voz, forma do corpo e desenvolvimento muscular.

Carboidrato Composto orgânico contendo carbono, hidrogênio e oxigênio em uma quantidade e distribuição particulares, e composto de subunidades de açúcares; freqüentemente, tem a fórmula $(CH_2O)n$.

Carcinógeno Qualquer substância que causa câncer.

Carcinoma Tumor maligno consistindo de células epiteliais.

Cardíaco, bloqueio Arritmia (disritmia) do coração, em que os átrios e ventrículos se contraem independentemente, devido a um bloqueio dos impulsos elétricos através do coração em um ponto crítico no sistema condutor.

Cardíaco, ciclo Um batimento completo, consistindo da sístole (contração) e diástole (relaxamento) de ambos os átrios mais a sístole e diástole de ambos os ventrículos.

Cardíaco, débito (DC) O volume de sangue bombeado por um ventrículo cardíaco (usualmente medido no ventrículo esquerdo) em 1 min; cerca de 5,2 litros/min sob condições normais em repouso.

Cardíaco, músculo Órgão especializado na contração, composto de fibras (células) de músculo estriado, formando a parede do coração, e estimuladas por um sistema condutor intrínseco e por neurônios viscerais eferentes.

Cardíaco, sopro Som anormal que consiste de um ruído de fluxo que é audível antes das bulhas (sons) normais ou que pode mascarar as bulhas cardíacas normais.

Cardioacelerador, centro (CCA) Grupo de neurônios na medula oblonga (bulbo) dos quais os nervos cardíacos (simpáticos) se originam; impulsos nervosos ao longo dos nervos liberam epinefrina, que aumenta o ritmo e força dos batimentos cardíacos.

Cardioinibidor, centro (CCI) Grupo de neurônios na medula oblonga (bulbo) dos quais se originam as fibras parassimpáticas que atingem o coração através do nervo vago (X); os impulsos nervo-

Circuncisão Remoção cirúrgica do prepúcio, a dobra de pele sobre a glande do pênis.

Circundução Movimento em uma articulação sinovial em que a extremidade distal de um osso move-se em um círculo no espaço, enquanto a extremidade proximal permanece relativamente estável.

Cirrose Distúrbio hepático em que as células parenquimatosas são destruídas e substituídas por tecido conjuntivo.

Cístico, ducto O ducto que transporta bile da vesícula biliar ao ducto colédoco.

Cistite Inflamação da bexiga urinária.

Cisto Saco com uma parede distinta de tecido conjuntivo, contendo um líquido ou outro material.

Cistoscópio Instrumento usado para examinar o interior da bexiga urinária.

Citocinese Distribuição do citoplasma em duas células separadas durante a divisão celular; coordenada com a divisão nuclear (mitose).

Citólise A ruptura de células vivas em que o conteúdo vaza.

Citologia O estudo das células.

Citoplasma A substância compreendida pelo citosol, todas as organelas (exceto o núcleo) e as inclusões que circundam as organelas. Está localizado internamente à membrana plasmática celular e externamente a seu núcleo. Também denominado ***protoplasma***.

Citosol Porção semifluida do citoplasma em que as organelas e inclusões estão suspensas e os solutos estão dissolvidos. Também denominado ***líquido intracelular***.

Clamídia Doença sexualmente transmissível muito prevalente, caracterizada por micção freqüente, dolorosa ou com ardência, e dor lombar baixa.

Climatério Cessação da função reprodutora em mulheres ou diminuição da atividade testicular em homens.

Clímax O período máximo, de maior intensidade, durante a excitação sexual.

Clitóris Órgão erétil da mulher, localizado na junção anterior dos lábios menores, que é homólogo ao pênis masculino.

Clivagem As divisões mitóticas rápidas após a fertilização de um oócito secundário, resultando em um número aumentado de células progressivamente menores, denominadas blastômeros, de modo que o tamanho geral do zigoto permanece o mesmo.

Coagulação Processo pelo qual um coágulo sangüíneo é formado.

Coágulo O resultado final de uma série de reações bioquímicas que transformam o plasma líquido em uma massa gelatinosa; especialmente, a conversão de fibrinogênio em uma rede de moléculas de fibrina polimerizadas.

Coágulo, retração do A consolidação de um coágulo de fibrina, para juntar o tecido lesado.

Cóanos As duas aberturas posteriores da cavidade do nariz na parte nasal da faringe.

Cobreiro Infecção aguda do sistema nervoso periférico, causada por um vírus (herpes zóster).

Cóclea Tubo espiral em forma de cone, que compõe parte da orelha interna e contém o órgão espiral (órgão de Corti).

Coenzima Tipo de co-fator; uma molécula orgânica não-protéica que está associada com e ativa uma enzima; muitas são derivadas de vitaminas. Um exemplo é a nicotinamida adenina dinucleotídeo (NAD), derivada da vitamina B, niacina.

Coito Relação sexual. Também denominado ***intercurso,*** cópula.

Colágeno Proteína que é o principal constituinte orgânico do tecido conjuntivo.

Colecistectomia Remoção cirúrgica da vesícula biliar.

Colesterol Classificado como um lipídio, o esteróide mais abundante nos tecidos animais; localizado nas membranas celulares e usado na síntese dos hormônios esteróides e sais biliares.

Colinérgica, fibra Terminação nervosa que libera acetilcolina em uma sinapse.

Colite Inflamação da túnica mucosa do colo e reto em que a absorção de água e sais está reduzida, produzindo fezes aquosas e sangüinolentas e, em casos severos, desidratação e depleção de sal. Os espasmos da túnica muscular irritada produzem cólicas.

Colo Parte do intestino grosso consistindo de porções ascendente, transversa, descendente e sigmóide.

Colostomia O desvio das fezes através de uma abertura no colo, criando uma abertura cirúrgica para o exterior na parede abdominal.

Colostro Líquido fino e turvo secretado pelas glândulas mamárias, alguns dias antes ou após o parto, antes do leite verdadeiro ser secretado.

Coluna posterior – lemnisco medial Via sensitiva que manda informação relacionada à propriocepção, tato epicrítico (discriminativo), estereognosia, discriminação de peso e vibrações.

Coluna vertebral O conjunto de vértebras articuladas; envolve e protege a medula espinal e serve como ponto de fixação para as costelas e músculos dorsais. Também denominada popularmente ***espinha***.

Coma Estágio final da insuficiência cerebral, caracterizado pela irresponsividade total a todos os estímulos externos.

Complemento Grupo de no mínimo 20 proteínas encontradas no soro, que forma um componente de resistência e imunidade inespecífica por desencadear a citólise, inflamação e opsonização.

Composto Substância química composta de dois ou mais elementos diferentes.

Concha Osso em forma de pergaminho, encontrado no crânio.

Concussão Traumatismo ao crânio que não produz lesão visível mas pode resultar em perda abrupta e temporária de consciência.

Condilar, articulação Articulação sinovial estruturada de modo que um côndilo ovalado de um osso ajusta-se a uma cavidade elíptica de outro osso, permitindo movimentos lado a lado e para a frente e para trás, como na articulação do punho entre o rádio e o carpo. Também denominada uma ***articulação elipsóide***.

Condrócito Célula de cartilagem madura.

Condução saltatória A propagação de um potencial de ação (impulso nervoso) ao longo das porções expostas de uma fibra nervosa mielínica. O potencial de ação surge em nodos da fibra nervosa sucessivos (nodos de Ranvier) e, assim, parece saltar de um nodo para outro.

Condução, miofibra de Fibra muscular (célula) em um ventrículo do coração, especializada em conduzir um potencial de ação ao miocárdio; parte do sistema condutor do coração. Também denominada ***fibra de Purkinje***.

Condutividade A capacidade de conduzir o efeito de um estímulo de uma parte da célula a outra; altamente desenvolvida nas células nervosas e musculares.

Condutor, sistema Série de fibras musculares cardíacas auto-rítmicas (auto-excitáveis) que geram e distribuem impulsos elétricos para estimular a contração coordenada das câmaras cardíacas; incluem o nó sinoatrial (SA), o nó atrioventricular (AV), o fascículo atrioventricular (AV), os ramos direito e esquerdo e as miofibras de condução (fibras de Purkinje).

Cone O receptor sensível à luz na retina, relacionado com a visão das cores.

Congênito Presente no momento do nascimento.

Conjuntiva A membrana delicada que reveste os olhos e as pálpebras.

Conjuntivite Inflamação da conjuntiva.

Consciência Estado em que um indivíduo está completamente alerta, consciente e orientado, como resultado da retroalimentação entre o córtex cerebral e o sistema ativador reticular.

Cúpula Massa de material gelatinoso recobrindo as células ciliadas de uma crista ampular, um receptor na ampola de um ducto semicircular, estimulado quando a cabeça se move.

Cutâneo Referente à cútis (pele).

Decídua O que cai precocemente ou descamação sazonal em um estágio particular do desenvolvimento. No corpo, refere-se ao primeiro conjunto de dentes.

Defecação A eliminação de fezes a partir do reto.

Defeito septal Abertura no septo (interatrial ou interventricular) entre os lados esquerdo e direito do coração.

Degeneração Alteração de um estado superior para um inferior; uma degradação na estrutura.

Delírio Distúrbio transitório de cognição anormal (percepção, pensamento e memória) e atenção alterada, que se acompanha de distúrbios do ciclo do sono-vigília e comportamento psicomotor (hiperatividade ou hipoatividade dos movimentos e fala). Também denominado ***estado confusional agudo***.

Demência Distúrbio mental orgânico que resulta na perda geral permanente ou progressiva das capacidades intelectuais, como a memória, julgamento e pensamento abstrato, e alterações na personalidade; a causa mais comum é a doença de Alzheimer.

Dendrito Processo da célula nervosa que conduz um impulso nervoso em direção ao corpo celular.

Dentes Estruturas acessórias da digestão, compostas de tecido conjuntivo calcificado e fixas nos alvéolos ósseos da mandíbula e maxilas, que cortam, maceram, esmagam e moem o alimento.

Dentina O tecido ósseo de um dente, que limita a cavidade do dente (pulpar).

Dermatologia A especialidade médica que trata das doenças da pele.

Dermátomo A área cutânea desenvolvida a partir de um segmento embrionário da medula espinal e recebendo a maior parte de sua inervação de um nervo espinal. Um instrumento para incisar a pele ou cortar finos transplantes de pele.

Derme Camada de tecido conjuntivo denso situada profundamente à epiderme; a pele verdadeira ou cório.

Descompressão, doença da Condição caracterizada por dor articular e sintomas neurológicos; ocorre após uma redução muito rápida da pressão ambiental ou descompressão, de modo que o nitrogênio que está dissolvido no líquido corporal sob pressão sai da solução em forma de bolhas, que produzem embolia gasosa e ocluem os vasos sangüíneos. Também denominada ***mal dos caixões***.

Desfibrilação Emissão de uma corrente elétrica muito forte ao coração, em uma tentativa de cessar a fibrilação ventricular.

Desidratação Perda excessiva de água pelo corpo ou suas partes.

Desmineralização Perda de cálcio e fósforo pelos ossos.

Desnutrição Estado de má nutrição, que pode ser devido à ingestão inadequada de alimento, desequilíbrio dos nutrientes, má-absorção de nutrientes, distribuição inadequada de nutrientes, necessidades aumentadas de nutrientes ou perdas aumentadas.

Despolarização Usada em neurofisiologia para descrever a redução de voltagem através da membrana celular; expressa como um movimento em direção às voltagens menos negativas (mais positivas) no lado interno da membrana celular.

Deslizamento dos filamentos, teoria (modelo) A principal explicação comumente aceita para a contração muscular, em que os miofilamentos de actina e miosina se movem e se interdigitam um com o outro, diminuindo o comprimento (encurtando) o sacrômetro.

Diabete insípido Condição causada por hipossecreção do hormônio antidiurético (ADH), caracterizada por sede e excreção de grandes quantidades de urina.

Diabete melito Condição hereditária causada por hipossecreção de insulina, caracterizada por hiperglicemia, produção aumentada de urina, sede excessiva e ingestão excessiva de água.

Diáfise A haste de um osso longo.

Diafragma Qualquer repartição que separe uma área de outra, especialmente o músculo-esquelético em forma de domo entre as cavidades torácica e abdominal. Também é uma estrutura em forma de domo que se ajusta sobre o colo do útero, usualmente com um espermicida, para prevenir a concepção.

Diagnóstico Diferenciar uma doença de outra ou determinar a natureza de uma doença a partir dos sinais e sintomas, pela inspeção, palpação, exames laboratoriais e outros meios.

Diálise O processo de separar as moléculas pequenas das grandes pela diferença em suas taxas de difusão através de uma membrana seletivamente permeável.

Diarréia Defecação freqüente de fezes líquidas, causada pela motilidade aumentada dos intestinos.

Diartrose Articulação em que os ossos oponentes movem-se livremente, como em uma articulação sinovial gínglimo.

Diástole No ciclo cardíaco, a fase de relaxamento ou dilatação do músculo cardíaco, especialmente dos ventrículos.

Diastólica, pressão sangüínea A força exercida pelo sangue nas paredes arteriais durante o relaxamento ventricular; a menor pressão arterial medida nas grandes artérias, cerca de 80 mmHg sob condições normais para um adulto jovem do sexo masculino.

Diencéfalo A parte do cérebro consistindo primariamente do tálamo e hipotálamo.

Diferenciação Aquisição de funções específicas, diferentes daquelas do tipo geral original.

Difusão facilitada Difusão em que uma substância insolúvel em lipídios é transportada através de uma membrana seletivamente permeável com o auxílio de uma proteína transportadora.

Difusão simples Processo passivo em que existe um movimento menor ou maior de moléculas ou íons de uma região de alta concentração para uma região de baixa concentração, até que o equilíbrio seja atingido.

Digestão Degradação mecânica e química do alimento em moléculas simples, que podem ser absorvidas e usadas pelas células do corpo.

Dilatação e curetagem Após a dilatação do colo do útero, o endométrio é raspado com uma cureta (instrumento em forma de colher).

Diplóide Que possui o número de cromossomos caracteristicamente encontrado nas células somáticas de um organismo. Simbolizado como 2n.

Diretas (motoras), vias Coleções de neurônios motores superiores com corpos celulares no córtex cerebral motor, que projetam axônios na medula espinal, onde fazem sinapse com os neurônios motores inferiores ou neurônios de associação no corno anterior. Também denominadas ***vias piramidais***.

Disco intervertebral Coxim de fibrocartilagem, localizado entre os corpos de duas vértebras.

Disfagia Dificuldade na deglutição.

Disfunção Ausência de função normal completa.

Dislexia Diminuição da capacidade do cérebro de traduzir sinais recebidos pelos olhos ou orelhas em linguagem compreensível.

Dismenorréia Menstruação dolorosa.

Displasia Alteração no tamanho, forma e organização das células, devido à irritação ou inflamação crônica; pode reverter ao normal se o estresse é removido ou pode progredir para neoplasia.

Emulsificação A dispersão de grandes glóbulos de gordura em partículas menores, uniformemente distribuídas, em presença de bile.

Encéfalo Parte do sistema nervoso central localizada na cavidade do crânio.

Endocárdio Camada da parede do coração, composta de endotélio e músculo liso, que reveste o interior do coração e recobre as válvulas e as cordas tendíneas que as mantêm abertas.

Endocitose A captação em uma célula de moléculas e partículas grandes, em que um segmento da membrana plasmática circunda a substância, fecha-se sobre ela e a traz para dentro; inclui a fagocitose, pinocitose e endocitose mediada por receptores.

Endócrina, glândula Glândula que secreta hormônios no sangue; glândula sem ductos.

Endocrinócito intersticial Célula localizada no tecido conjuntivo entre os túbulos seminíferos, em um testículo maduro que secreta testosterona. Também denominada ***célula intersticial de Leydig***.

Endocrinologia A ciência que trata da estrutura e funções das glândulas endócrinas e o diagnóstico e tratamento dos distúrbios do sistema endócrino.

Endoderma A mais interna das três camadas germinativas primárias do embrião em desenvolvimento, que origina o trato gastrintestinal, bexiga urinária, uretra e trato respiratório.

Endodontia O ramo da odontologia responsável pela prevenção, diagnóstico e tratamento das doenças que afetam a polpa e a raiz do dente, ligamento periodontal e osso alveolar.

Endométrio A túnica mucosa que reveste o útero.

Endometriose O crescimento de tecido endometrial fora do útero.

Endoscopia O exame visual de qualquer cavidade do corpo utilizando um endoscópio, um tubo iluminado com lentes.

Endósteo A membrana que reveste a cavidade medular do osso, consistindo de células osteoprogenitoras e osteoclastos dispersos.

Endotélio Camada de epitélio escamoso simples que reveste as cavidades do coração e vasos sangüíneos e linfáticos.

Energia A capacidade de realizar trabalho.

Enfisema A insuflação das passagens de ar devido à perda da elasticidade nos alvéolos.

Engenharia genética A manufatura e manipulação de material genético.

Enterogástrico, reflexo Reflexo que inibe a secreção gástrica; iniciado por alimento no intestino delgado.

Enurese Micção involuntária, completa ou parcial, após os três anos de idade.

Envelhecimento Processo normal acompanhado por uma alteração progressiva das respostas homeostáticas adaptativas do corpo.

Enzima Substância que afeta a velocidade das alterações químicas; um catalisador orgânico, freqüentemente uma proteína.

Eosinófilo Tipo de leucócito caracterizado por grânulos que se coram de vermelho ou rosa com corantes ácidos.

Ependimárias, células Células da neuróglia que recobrem os plexos coróides e produzem líquido cerebrospinal; elas também revestem os ventrículos do encéfalo e provavelmente auxiliam na circulação do líquido.

Epicárdio A fina camada externa da parede do coração, composta de serosa e mesotélio. Também denominado ***pericárdio visceral***.

Epidemia Doença que ocorre acima do nível esperado entre indivíduos de uma população.

Epiderme A camada mais externa e mais fina da pele, composta de epitélio escamoso estratificado queratinizado.

Epidídimo Órgão em forma de vírgula, que se situa junto à margem posterior do testículo e contém o ducto epididimário, em que o espermatozóide sofre maturação.

Epidural, espaço Espaço entre a dura-máter espinal e o canal vertebral, contendo tecido conjuntivo areolar e um plexo de veias.

Epifisária, linha O remanescente do disco epifisário em um osso longo.

Epifisário, disco O disco de cartilagem hialina entre a epífise e a diáfise, que é responsável pelo crescimento em comprimento dos ossos longos.

Epífise A extremidade de um osso longo, freqüentemente de diâmetro maior que a haste (diáfise).

Epiglote Grande peça de cartilagem em forma de folha, situada no topo da laringe, com seu "caule" aderido à cartilagem tireóide e sua porção de "folha" não aderida e livre para se mover para cima e para baixo, para recobrir a glote (região das pregas vocais e rima da glote).

Epilepsia Distúrbio neurológico caracterizado por ataques curtos e periódicos de disfunção motora, sensitiva ou psicológica.

Epinefrina Hormônio secretado pela medula supra-renal que produz ações similares àquelas que resultam da estimulação simpática. Também denominada ***adrenalina***.

Episiotomia Corte feito com tesouras cirúrgicas para evitar a laceração do períneo no fim do segundo estágio do parto.

Epistaxe Perda de sangue pelo nariz, por trauma, infecção, alergia, neoplasia e diátese hemorrágica.

Epitelial, tecido O tecido que forma as glândulas ou a camada externa da pele e reveste os vasos sangüíneos, órgãos ocos e passagens que conduzem ao exterior do corpo.

Equilíbrio dinâmico A manutenção da posição corporal, principalmente da cabeça, em resposta a movimentos súbitos como rotação.

Equilíbrio estático A manutenção da postura em resposta a alterações na orientação do corpo, principalmente a cabeça, relativo ao solo.

Equilíbrio Estado de equilíbrio; uma condição em que forças oponentes contrabalançam exatamente uma à outra.

Ereção O estado aumentado e rígido do pênis (ou clitóris) resultante da ingurgitação do tecido erétil com sangue.

Erector do pêlo, músculo Músculo liso aderido ao pêlo; sua contração coloca o pêlo em uma posição mais vertical, resultando em "pêlos arrepiados".

Eritema Vermelhidão da pele, freqüentemente causada por ingurgitação dos capilares nas camadas profundas da pele.

Eritroblastose fetal (doença hemolítica do recém-nascido) Anemia hemolítica de um recém-nascido, que resulta da destruição dos eritrócitos do lactente (hemácias) por anticorpos produzidos pela mãe; freqüentemente, os anticorpos são devidos a uma incompatibilidade do Rh.

Eritrócitos Hemácias ou glóbulos vermelhos.

Eritropoiese O processo pelo qual os eritrócitos (hemácias) são formados; eritrocitopoese.

Eritropoietina Hormônio formado por uma proteína plasmática que estimula a produção de hemácias; eritropoetina.

Escamoso Plano, laminar; com escamas.

Escara de pressão Destruição tecidual devido a uma deficiência constante de sangue aos tecidos superpostos a uma projeção óssea, sujeitos a uma pressão prolongada contra um objeto como a cama, gesso ou tala. Também denominada ***úlcera de decúbito ou úlcera trófica***.

Esclera O revestimento branco de tecido conjuntivo fibroso que forma o revestimento protetor externo do bulbo do olho, exceto na porção mais anterior; a porção posterior da túnica fibrosa do bulbo do olho.

coço, onde se continua no esôfago, posteriormente, e na laringe, anteriormente.

Farmacologia A ciência que trata dos efeitos e usos das drogas no tratamento da doença.

Fáscia Lâmina fibrosa recobrindo, sustentando e separando os músculos.

Fáscia superficial Lâmina contínua de tecido conjuntivo fibroso entre a derme da pele e a fáscia profunda dos músculos; faz parte da ***tela subcutânea***.

Fascículo Pequeno feixe ou grupo, especialmente de fibras nervosas ou musculares.

Fator intrínseco (FI) Glicoproteína sintetizada e secretada pelas células parietais da túnica mucosa gástrica, que facilita a absorção de vitamina B_{12} no intestino delgado.

Fator tecidual (FT) Fator ou grupo de fatores cuja presença inicia o processo de coagulação do sangue. Também denominado ***tromboplastina***.

Fauces A região que comunica a boca com a faringe.

Febre Elevação na temperatura corporal acima de sua temperatura normal de 37°C.

Febril Referente à febre.

Feixe de His Ver Atrioventricular, fascículo.

Fenótipo A expressão observável do genótipo; características físicas de um organismo, determinadas pela composição genética e influenciadas pela interação entre os genes e os fatores ambientais internos e externos.

Fertilização Penetração em um oócito secundário de uma célula espermática e subseqüente união dos núcleos das células.

Fetal, circulação O sistema cardiovascular do feto, incluindo a placenta e vasos sangüíneos especiais envolvidos na troca de materiais entre o feto e a mãe.

Feto O último estágio do desenvolvimento do filhote de um animal; em seres humanos, o organismo em desenvolvimento no útero, do início do terceiro mês até o nascimento.

Fezes Material eliminado pelo reto e composto de bactérias, excreções e restos de alimento.

Fibrilação Contração brusca, involuntária e breve de um músculo que não é visível sob a pele, e não está associada ao movimento do músculo afetado.

Fibrilação atrial Contração assíncrona dos átrios, que resulta na cessação do bombeamento atrial.

Fibrina Proteína insolúvel que é essencial para a coagulação do sangue; formada a partir do fibrinogênio, pela ação da trombina.

Fibrinogênio Proteína plasmática de alto peso molecular que, pela ação da trombina, é convertida em fibrina.

Fibrinólise Dissolução de um coágulo pela ação de uma enzima proteolítica, que converte a fibrina insolúvel em uma substância solúvel.

Fibroblasto Célula grande e plana que secreta a maior parte da matriz (extracelular) dos tecidos conjuntivo denso e areolar.

Fibrose Formação anormal de tecido fibroso.

Fibrose cística Doença hereditária de epitélio secretor que afeta as vias respiratórias, pâncreas, glândulas salivares e glândulas sudoríparas; a mais comum doença genética letal entre a população branca.

Fígado Glândula grande, sob o diafragma, que ocupa a maior parte do hipocôndrio direito e parte da região epigástrica; funcionalmente, produz sais biliares, heparina e proteínas plasmáticas; converte um nutriente em outro; desintoxica as substâncias; armazena glicogênio, minerais e vitaminas; realiza fagocitose das células do sangue e bactérias; e ajuda a ativar a vitamina D.

Filtração A passagem de um líquido através de um filtro ou membrana que atua como filtro.

Filtração, membrana de Membrana de filtração em um néfron do rim, consistindo do glomérulo e da parede interna da cápsula glomerular (de Bowman).

Filtrado O líquido produzido quando o sangue é filtrado pela membrana de filtração.

Fisiologia Ciência que estuda as funções de um organismo ou suas partes.

Fissura Fenda ou depressão que pode ser normal ou anormal.

Flácido Relaxado, frouxo ou mole; com falta de tônus muscular.

Flagelo Processo móvel semelhante a um pêlo, na superfície de uma bactéria ou protozoário.

Flato Ar (gás) no estômago ou intestinos, comumente usado para denotar a passagem de gás via retal.

Flebite Inflamação de uma veia, freqüentemente nos membros inferiores.

Flexão Movimento de dobramento, em que há uma redução no ângulo entre dois ossos.

Flexão, reflexo de Reflexo protetor em que os músculos flexores são estimulados enquanto os músculos extensores são inibidos.

Flexão plantar Dobramento do pé na direção da superfície plantar (sola).

Fluoroscópio Instrumento para a observação visual do corpo por meio de raio X.

Fluxo em "bolo" (grande massa) O movimento de grande número de íons, moléculas ou partículas na mesma direção, como resultado de diferenças de pressão (osmótica, hidrostática ou pressão do ar).

Folículo maduro Folículo relativamente grande, cheio de líquido, contendo um oócito secundário e as células granulosas circundantes, que secretam estrógenos. Também denominado ***folículo de Graaf***.

Folículo de pêlo (piloso) Estrutura composta de epitélio circundando a raiz de um pêlo, da qual este se desenvolve.

Folículo estimulante, hormônio (FSH) Hormônio secretado pela adeno-hipófise, que inicia o desenvolvimento do ovo e estimula os ovários a secretar estrógenos nas mulheres e inicia a produção de esperma em homens.

Fome, centro da Grupo de neurônios nos núcleos laterais do hipotálamo que, quando estimulado, produz a necessidade de se alimentar.

Fontículo Ponto coberto por membrana onde a formação de osso ainda não está completa, especialmente entre os ossos cranianos de um lactente.

Forame Passagem ou abertura; a comunicação entre duas cavidades de um órgão, ou um orifício em um osso, para a passagem de vasos ou nervos.

Forame oval Abertura no coração fetal, no septo entre os átrios direito e esquerdo. Orifício na asa maior do osso esfenóide, atravessado pelo ramo mandibular do nervo trigêmeo (V).

Fosfolipídio, lâmina dupla de Distribuição das moléculas de fosfolipídio em duas fileiras paralelas, em que as "cabeças" hidrofílicas estão voltadas para fora, e as "caudas" hidrofóbicas, voltadas para dentro.

Fossa Depressão rasa.

Fotorreceptor (fotoceptor) Receptor que detecta a luz na retina do olho.

Fratura Qualquer ruptura em um osso.

Frênulo Pequena prega de túnica mucosa que conecta duas partes e limita o movimento.

Fuso neurotendinoso Receptor proprioceptivo, sensível a alterações na tensão muscular e força de contração, encontrado principalmente próximo à junção dos tendões e músculos. Também denominado ***órgão tendinoso de Golgi***.

Gameta Célula reprodutora masculina ou feminina; a célula espermática (espermatozóide) ou óvulo.

Gameta, transferência intrafalopiana de Procedimento em que oócitos secundários aspirados são combinados com uma solução contendo esperma fora do corpo, e a mistura é então imediatamente inserida nas tubas uterinas (de Falópio).

Hematopoiese (hemopoese ou hematopoese) Produção de células sangüíneas que ocorre na medula óssea vermelha dos ossos.

Hematopoiética (hemopoética ou hematopoética), célula Célula imatura na medula óssea vermelha que origina os precursores de todas as diferentes hemácias maduras. Previamente denominada hemocitoblasto ou célula hematopoiética pluripotencial.

Hematúria Sangue na urina.

Hemodiálise Filtragem do sangue por meio de um dispositivo artificial, de modo que certas substâncias são removidas do sangue como resultado da diferença nas suas velocidades de difusão através de uma membrana seletivamente permeável, enquanto o sangue está circulando fora do corpo.

Hemofilia Distúrbio sangüíneo hereditário no qual há uma produção deficiente de certos fatores envolvidos na coagulação do sangue, resultando em sangramento excessivo nas articulações, tecidos profundos e outros locais.

Hemoglobina (Hb) Substância existente nos eritrócitos (hemácias) que consiste da proteína globina e do pigmento vermelho contendo ferro, o heme, e constituindo cerca de 33 % do volume celular; envolvida no transporte de oxigênio e dióxido de carbono.

Hemograma completo Exame hematológico que usualmente inclui a determinação da hemoglobina, hematócrito, contagem de hemácias e leucócitos, contagem diferencial dos leucócitos e contagem de plaquetas.

Hemólise O vazamento da hemoglobina do interior das hemácias ao meio circundante; resulta da ruptura da integridade da membrana celular por toxinas ou drogas, congelamento ou descongelamento ou soluções hipotônicas.

Hemorragia Sangramento; o vazamento de sangue dos vasos sangüíneos, especialmente quando profuso.

Hemorróidas Vasos sangüíneos dilatados ou varicosos (freqüentemente veias) na região anal.

Hemóstase (hemostasia) A cessação do sangramento.

Heparina Anticoagulante dado para tornar lenta a conversão da protrombina em trombina, reduzindo, assim, o risco da formação de coágulos; também encontrado naturalmente nos basófilos e mastócitos.

Hepático Referente ao fígado.

Hepatite Inflamação do fígado devido a um vírus, drogas e substâncias químicas.

Hepatócito Célula do fígado.

Hepatopancreática, ampola Pequena área elevada no duodeno, onde os ductos colédoco e pancreático principal se esvaziam no duodeno. Também chamada ampola de Vater.

Herança A aquisição de características corporais e qualidades pela transmissão de informação genética dos pais aos filhos.

Hering-Breuer, reflexo de Ver Insuflação, reflexo de.

Hérnia A protrusão ou projeção de um órgão ou parte de um órgão através de uma membrana ou parede de cavidade, freqüentemente da cavidade abdominal.

Herniado, disco Ruptura de um disco intervertebral, de modo que o núcleo pulposo se protrai no canal vertebral.

Herpes genital Doença sexualmente transmitida, causada pelo vírus herpes simples tipo II.

Heterozigoto Que possui um par de genes diferentes em cromossomos homólogos, para uma dada característica hereditária.

Hilo Área, depressão ou fossa onde os vasos sangüíneos e nervos penetram ou saem de um órgão.

Hímen Prega fina de túnica mucosa vascularizada no óstio vaginal.

Hipercapnia Aumento anormal na quantidade de dióxido de carbono no sangue.

Hiperglicemia Nível elevado de açúcar no sangue.

Hiperplasia Aumento anormal no número de células normais em um tecido ou órgão, aumentando seu tamanho.

Hiperpolarização Aumento na negatividade interna através da membrana celular, aumentando, assim, a voltagem e distanciando-a do valor limiar.

Hipersecreção Hiperatividade das glândulas, resultando em secreção excessiva.

Hipersensibilidade Reação excessiva a um alérgeno, que resulta em alterações patológicas nos tecidos. Também denominada ***alergia***.

Hipertensão Pressão arterial elevada.

Hipertermia Temperatura corporal elevada.

Hipertonia Tônus muscular aumentado, expresso como espasticidade ou rigidez.

Hipertônico Com pressão osmótica maior do que a de uma solução com a qual é comparado.

Hipertrofia Aumento excessivo ou supercrescimento do tecido sem divisão celular.

Hiperventilação Ritmo respiratório maior que o requerido para manter um nível normal de PCO_2 plasmática.

Hipófise Pequena glândula endócrina situada na sela turca do osso esfenóide, aderida ao hipotálamo pelo infundíbulo; apelidada a "glândula mestra". Também denominada ***glândula pituitária***.

Hipoplasia Desenvolvimento defeituoso de tecido.

Hipospádia Óstio externo da uretra deslocado. No homem, o óstio pode estar na face inferior do pênis, na junção entre o pênis e o escroto, entre as pregas escrotais ou no períneo. Na mulher, a uretra se abre na vagina.

Hipossecreção Subatividade de glândulas, resultando em secreção diminuída.

Hipotálamo Porção do diencéfalo, situada sob o tálamo e formando o soalho e parte da parede do terceiro ventrículo.

Hipotermia Queda da temperatura do corpo abaixo de 35°C; em procedimentos cirúrgicos, refere-se ao resfriamento deliberado do corpo, para tornar lento o metabolismo e reduzir as necessidades de oxigênio dos tecidos.

Hipotonia Tônus muscular diminuído ou ausente, em que os músculos parecem flácidos.

Hipotônico Com pressão osmótica inferior que a da solução com a qual está sendo comparado.

Hipoventilação Ritmo respiratório inferior ao requerido para manter um nível normal de PCO_2 plasmática.

Hipoxia Falta de oxigênio adequado a nível dos tecidos.

Hirsutismo Um crescimento excessivo de pêlos nas mulheres e crianças, com distribuição similar à dos homens adultos, devido à conversão do vêlo (lanugem) em grandes fios terminais, em resposta a níveis elevados de andrógenos.

Histamina Substância encontrada em muitas células, especialmente mastócitos, basófilos e plaquetas, liberada quando as células são lesadas; resulta em vasodilatação, permeabilidade aumentada dos vasos sangüíneos e constrição dos bronquíolos.

Histerectomia A remoção cirúrgica do útero.

Histiócito (macrófago fixo) Célula fagocítica estacionária encontrada no fígado, pulmões, encéfalo, baço, linfonodos, tela subcutânea e medula óssea.

Histologia Estudo microscópico da estrutura dos tecidos.

Hodgkin, doença de (DH) Um distúrbio maligno, freqüentemente originário dos linfonodos.

Homeostase (homeóstase) Condição em que o ambiente interno do corpo permanece relativamente constante, dentro do limite fisiológico.

Homólogos, cromossomos Dois cromossomos que pertencem a um par.

Homozigoto Que possui um par de genes similares em cromossomos homólogos para uma dada característica hereditária.

Hormônio Secreção do tecido endócrino que altera a atividade fisiológica das células-alvo do corpo.

Íon Qualquer partícula ou grupo de partículas carregadas; freqüentemente formado quando uma substância, como um sal, dissolve-se e dissocia.

Ionização Separação de ácidos inorgânicos, bases e sais em íons, quando dissolvidos em água. Também denominada ***dissociação***.

Íris Porção colorida do bulbo do olho, vista através da córnea, que consiste de músculo liso circular e radial; o orifício "negro" no centro da íris é a pupila.

Isoanticorpo Anticorpo específico no soro, capaz de causar a aglutinação de bactérias, células do sangue ou partículas. Também denominado ***aglutinina***.

Isoantígeno Antígeno geneticamente determinado, localizado na superfície das hemácias; base para a tipagem ABO e Rh da classificação do sangue. Também denominado ***aglutinógeno***.

Isotônica Com tensão ou tônus igual. Com pressão osmótica igual entre duas soluções diferentes ou entre dois elementos em uma solução.

Isótopo Elemento químico com o mesmo número atômico que outro, mas um peso atômico diferente. Os isótopos radioativos se transformam em outros elementos com a emissão de certas radiações.

Isquemia A falta de sangue suficiente a uma parte, devido à obstrução da circulação.

Janela da cóclea (redonda) Pequena abertura entre a orelha média e a interna, diretamente abaixo da janela do vestíbulo, recoberta pela membrana secundária do tímpano.

Janela do vestíbulo (oval) Pequena abertura entre a orelha média e a orelha interna, em que a base do estribo se ajusta.

Jejum A perda de depósitos de energia em forma de glicogênio, gorduras e proteínas, devido à ingestão inadequada de nutrientes ou incapacidade de digerir, absorver ou metabolizar os nutrientes ingeridos.

Jejuno A porção média do intestino delgado.

Joanete Desvio lateral do hálux, que produz inflamação e espessamento da bolsa sinovial, esporões ósseos e calos.

Korotkoff, sons de Os vários sons ouvidos enquanto se mede a pressão arterial.

Krebs, ciclo de Série de reações bioquímicas que ocorre na matriz das mitocôndrias, em que elétrons são transferidos para coenzimas e dióxido de carbono é formado. Os elétrons conduzidos pelas coenzimas penetram na cadeia de transporte de elétrons, que gera grande quantidade de ATP. Também denominado ***ciclo do ácido cítrico ou do ácido tricarboxílico***.

Kupffer, célula de Ver Célula reticuloendotelial estrelada.

Lábios maiores do pudendo Duas pregas longitudinais de pele, estendendo-se para baixo e para trás a partir do monte do púbis da mulher.

Lábios menores do pudendo Duas pregas pequenas de túnica mucosa situadas medialmente aos lábios maiores da mulher.

Labirinto Passagem comunicante intrincada, especialmente na orelha interna.

Labirinto membranoso A porção do labirinto da orelha interna localizada dentro do labirinto ósseo, e separada dele pela perilinfa; composto de ductos semicirculares membranosos, sáculo e utrículo e o ducto coclear.

Laceração Ferimento ou ruptura irregular da pele.

Lacrimal Referente às lágrimas.

Lacrimal, canalículo Ducto existente em cada pálpebra, começando na margem medial dela e eliminando as lágrimas medialmente no saco lacrimal.

Lacrimal, glândula Células secretoras localizadas na porção ântero-lateral superior de cada órbita, que secretam lágrimas nos ductos excretores que se abrem na superfície da túnica conjuntiva.

Lactação A secreção e ejeção de leite pelas glândulas mamárias.

Lacuna Espaço pequeno e oco, como o encontrado nos ossos, em que estão os osteoblastos.

Lamelado, corpúsculo Receptor oval de pressão, localizado no tecido subcutâneo e consistindo de camadas concêntricas de tecido conjuntivo, envolvendo a extremidade de uma fibra nervosa sensitiva. Também denominado ***corpúsculo de Vater-Pacini***.

Lamelas Anéis concêntricos localizados na substância compacta do osso.

Lâmina própria A camada de tecido conjuntivo de uma túnica mucosa.

Laringe A "caixa" de voz, um órgão curto que conecta a faringe com a traquéia.

Laringite Inflamação da túnica mucosa que reveste a laringe.

Lateral Longe da linha mediana do corpo ou de uma estrutura.

Leite, reflexo de eliminação do Contração das células alveolares para forçar o leite nos ductos lactíferos das glândulas mamárias, estimulada pela ocitocina (OT), que é liberada pela neuro-hipófise em resposta à sucção.

Lesão Qualquer alteração anormal e localizada na formação do tecido.

Lente Órgão transparente composto de proteínas (cristalinas) situadas posteriormente à pupila e íris do bulbo do olho e anteriormente ao corpo vítreo.

Letargia Condição de sonolência ou indiferença.

Leucemia Doença maligna dos tecidos formadores do sangue, caracterizada pela produção descontrolada e acúmulo de leucócitos imaturos, em que muitas células falham em atingir a maturidade (aguda) ou há um acúmulo de leucócitos maduros no sangue, pois eles não morrem no fim de seu ciclo de vida normal (crônica).

Leucócito Célula sangüínea branca.

Leucocitose Aumento no número de leucócitos, característica de muitas infecções e outros distúrbios.

Leucopenia Diminuição do número de leucócitos, abaixo de $5000/mm^3$.

Leucoplasia Distúrbio em que existem manchas brancas na túnica mucosa da língua, gengivas e bochechas.

Leydig, célula de Ver Endocrinócito intersticial.

Libido O impulso sexual, consciente ou inconsciente.

Ligação tubária Procedimento de esterilização em que as tubas uterinas são ligadas e cortadas.

Ligamento Tecido conjuntivo denso, regularmente disposto, que fixa um osso a outro.

Límbico, sistema Porção do cérebro, algumas vezes denominado "cérebro visceral", relacionado a vários aspectos da emoção e comportamento, que inclui o lobo límbico, giro denteado, corpo amigdalóide, núcleos septais, corpos mamilares, núcleo anterior de bulbos olfatórios e feixes de axônios mielínicos.

Limiar, estímulo Qualquer estímulo forte o suficiente para iniciar um potencial de ação (impulso nervoso).

Limiar, potencial A voltagem de membrana que deve ser atingida de modo a desencadear um potencial de ação (impulso nervoso).

Linfa Líquido confinado nos vasos linfáticos e fluindo através do sistema linfático, para ser devolvido ao sangue.

Linfático, tecido Forma especializada de tecido reticular, que contém grande número de linfócitos.

Linfático, vaso Grande vaso que coleta a linfa dos capilares linfáticos e converge com outros vasos linfáticos para formar o ducto torácico e o ducto linfático direito.

Linfocinas Proteínas poderosas secretadas pelas células T, que dão às mesmas sua capacidade de auxiliar na imunidade.

Linfócito Tipo de leucócito, encontrado nos linfonodos, associado ao sistema imunológico.

Linfoma Qualquer tumor composto de tecido linfático.

Meiose Tipo de divisão celular restrita à produção de células sexuais, envolvendo duas divisões nucleares sucessivas, que resultam nas células filhas com número haplóide (n) de cromossomos.

Meissner, corpúsculo de Ver Corpúsculo do tato.

Melanina Pigmento negro, marrom ou amarelo-escuro encontrado em algumas partes do corpo, como a pele.

Melanócito Célula pigmentada localizada entre ou sob as células da camada mais profunda da epiderme, que sintetiza a melanina.

Melanócito, hormônio estimulante de (MSH) Hormônio secretado pela adeno-hipófise, que estimula a dispersão de grânulos de melanina nos melanócitos em anfíbios; a administração continuada produz o escurecimento da pele em seres humanos.

Melanoma maligno Tumor maligno de pele, usualmente escuro, contendo melanina.

Melatonina Hormônio secretado pela glândula pineal que pode inibir as atividades reprodutoras.

Membrana Lâmina fina e flexível de tecido, composta de uma camada epitelial e uma camada subjacente de tecido conjuntivo, como em uma membrana epitelial, ou apenas de tecido conjuntivo areolar, como em uma membrana sinovial.

Membrana basal Camada fina, extracelular, consistindo da lâmina basal secretada pelas células epiteliais e da lâmina reticular secretada pelas células do tecido conjuntivo.

Membrana (lâmina) basilar Membrana na cóclea da orelha interna, que separa o ducto coclear da rampa do tímpano e onde se situa o órgão espiral (órgão de Corti).

Membrana plasmática Membrana externa que separa as partes internas da célula do líquido extracelular e do ambiente (meio) externo.

Membrana tectória Membrana gelatinosa, projetando-se sobre e em contato com as células ciliadas do órgão espiral (órgão de Corti), no ducto coclear.

Membrana do tímpano Ver Tímpano.

Memória A capacidade de lembrar pensamentos; comumente classificada como de curto prazo (ativada) e longo prazo.

Menarca Início da função menstrual.

Ménière, síndrome de Tipo de doença do labirinto, caracterizada por perda flutuante de audição, vertigem e zumbido, devido a uma quantidade aumentada de endolinfa, que aumenta o labirinto.

Meninges Três membranas recobrindo o encéfalo e a medula espinhal, denominadas dura-máter, aracnóide e pia-máter.

Meningite Inflamação das meninges, mais comumente a pia-máter e a aracnóide.

Menopausa O fim dos ciclos menstruais.

Menstrual, ciclo ver Ciclo reprodutor feminino.

Menstruação Eliminação periódica de sangue, líquido tecidual, muco e células epiteliais, que usualmente dura até cinco dias; causada por uma redução súbita nos estrógenos e na progesterona. Também denominada ***fase menstrual***.

Merkel, célula de Célula encontrada na epiderme da pele glabra, que faz contato com um disco tátil (corpúsculo de Merkel), que atua no tato.

Merócrina, glândula Célula secretora que permanece intacta ao longo do processo de formação e descarga do produto secretor, como nas glândulas salivares e pancreáticas.

Mesencéfalo A parte do encéfalo entre a ponte e o diencéfalo.

Mesênquima Tecido conjuntivo embrionário, do qual todos os outros tecidos conjuntivos se originam.

Mesentério Prega ampla de peritônio fixando o intestino delgado (jejuno e íleo) à parede posterior do abdome.

Mesoderma A camada média das três camadas germinativas primárias que origina o tecido conjuntivo, sangue, vasos sangüíneos e músculos.

Metabolismo A soma de todas as reações bioquímicas que ocorrem dentro de um organismo, incluindo as reações de síntese (anabólicas) e de decomposição (catabólicas).

Metacarpo Termo coletivo para os cinco ossos que compõem a palma da mão.

Metáfase O segundo estágio da mitose, em que os pares de cromátides se alinham no plano equatorial da célula.

Metáfise Porção de um osso em crescimento.

Metaplasia A alteração anormal de um tipo de célula diferenciada adulta em outro; por exemplo, o que ocorre no carcinoma broncogênico.

Metástase A disseminação do câncer para os tecidos circundantes (local) ou para outros locais do corpo (distante).

Metatarso Termo coletivo para os cinco ossos localizados no pé, entre os tarsos e as falanges.

Miastenia grave Fraqueza dos músculos esqueléticos, causada por anticorpos contra os receptores de acetilcolina, que inibem a contração muscular.

Micção O ato de expelir urina da bexiga urinária. Também denominada ***urina***.

Micela Agregado esférico de sais biliares, que dissolve os ácidos graxos e monoglicerídeos de modo que eles possam ser transportados às células epiteliais do intestino delgado.

Micrófago Leucócito granular que realiza fagocitose, especialmente neutrófilos e eosinófilos.

Microfilamento Estrutura citoplasmática em forma de bastão, com cerca de 6 nm de diâmetro; compreende as unidades contráteis nas fibras (células) musculares e fornece sustentação, forma e movimento nas células não-musculares.

Micróglia Células neurogliais que realizam fagocitose. Também denominadas ***macrófagos "encefálicos"***.

Microtúbulo Estrutura citoplasmática cilíndrica, variando em diâmetro de 18 a 30 nm, consistindo da proteína tubulina; fornece sustentação, estrutura e transporte.

Microvilosidades Projeções digitiformes microscópicas da membrana celular das células do intestino delgado, que aumentam a superfície de absorção.

Mielina, bainha de Revestimento de lipídio e proteína em múltiplas camadas, formado pelos neurolemócitos (células de Schwann) e oligodendrócitos em torno dos axônios de muitos neurônios periféricos e do sistema nervoso central.

Mineral Substância inorgânica homogênea e sólida, que pode realizar uma função vital; os exemplos incluem o cálcio, sódio, potássio, ferro, fósforo e cloro.

Mineralocorticóides Grupo de hormônios do córtex supra-renal.

Miocárdio A camada média da parede do coração, composta de músculo cardíaco, compreendendo o maior volume do coração e situada entre o epicárdio e o endocárdio.

Miofibrila Estrutura em forma de fio, que percorre longitudinalmente uma fibra (célula) muscular consistindo principalmente de miofilamentos espessos (miosina) e miofilamentos delgados (actina).

Mioglobina O complexo protéico conjugado contendo ferro, que faz ligação com o oxigênio, presente no sarcoplasma das fibras (células) musculares; contribui para a cor vermelha do músculo.

Miografia (miograma) O registro ou traçado produzido pelo miógrafo, o aparelho que mede e registra os efeitos das contrações musculares.

Miologia O estudo dos músculos.

Miométrio A camada de músculo liso do útero.

Miopatia Qualquer doença do tecido muscular.

Miosina A proteína contrátil que compõe os miofilamentos espessos das fibras (células) musculares.

Mitocôndria Organela com membrana dupla, que desempenha um papel cen-

torno dela como um rocambole. Também denominada ***célula de Schwann***.

Neurologia O ramo da ciência que trata do funcionamento normal e dos distúrbios do sistema nervoso.

Neuromuscular, terminação (junção) A área de contato entre o axônio de um neurônio motor e a porção do sarcolema de uma fibra (célula) muscular. Também denominada ***placa motora ou junção mioneural***.

Neurônio Célula nervosa, consistindo de um corpo celular, dendritos e um axônio.

Neurônio pós-ganglionar O segundo neurônio motor visceral em uma via autônoma, com seu corpo celular e dendritos localizados em um gânglio autônomo e seu axônio amielínico terminando no músculo cardíaco, músculo liso ou glândula.

Neurônio pré-ganglionar O primeiro neurônio motor visceral em uma via autônoma, com seu corpo celular e dendritos no encéfalo ou medula espinal e seu axônio mielínico terminando em um gânglio autônomo, onde faz sinapse com um neurônio pós-ganglionar.

Neurotransmissor Uma dentre uma série de moléculas sintetizadas dentro dos botões terminais dos axônios, liberado na fenda sináptica em resposta a um impulso nervoso, afetando o potencial de membrana do neurônio pós-sináptico. Também denominado ***substância transmissora***.

Neutrófilo Tipo de leucócito caracterizado por grânulos que se coram de lilás claro com a combinação de corantes ácidos ou básicos.

Nissl, corpos de Ver Cromofílica, substância.

Nistagmo Movimento rápido, involuntário e rítmico dos olhos; horizontal, rotatório ou vertical.

Norepinefrina (NE) Hormônio secretado pela medula supra-renal, que produz ações similares àquelas que resultam da estimulação simpática. Também denominado ***noradrenalina***.

Nuclease Enzima que degrada os nucleotídeos em pentoses e bases nitrogenadas; exemplos incluem a ribonuclease e desoxirribonuclease.

Nucléico, ácido Composto orgânico que é um polímero longo de nucleotídeos, com cada nucleotídeo contendo um açúcar pentose, um grupo fosfato e uma dentre quatro bases nitrogenadas possíveis (adenina, citosina, guanina e timina ou uracil).

Núcleo Organela esférica ou oval de uma célula, que contém os fatores hereditários da célula, denominados genes. Um grupo de corpos celulares de neurônios no sistema nervoso central. A porção central de um átomo, composta de prótons e nêutrons.

Núcleo pulposo Substância mole, pulposa, altamente elástica, no centro de um disco intervertebral, um remanescente da notocorda.

Núcleos da base Grupos pareados de corpos celulares que compõem a parte central da substância cinzenta em cada hemisfério cerebral, incluindo o núcleo caudado, núcleo lentiforme, claustro e corpo amigdalóide.

Nucléolo Corpo esférico não-membranoso dentro do núcleo, composto de proteína, DNA e RNA, que atua na síntese e armazenamento do RNA ribossômico.

Nutriente Substância química no alimento, que fornece energia, forma novos componentes do corpo ou auxilia no funcionamento de vários processos corporais.

Obesidade Peso corporal de 10 a 20% acima de um padrão desejável, como resultado do acúmulo excessivo de gordura. Os tipos de obesidade são hipertrófica (início na idade adulta) e hiperplástica (por toda a vida).

Obstetrícia O ramo especializado da medicina que trata da gestação, do parto e do período de tempo (cerca de seis semanas) imediatamente após o parto.

Ocitocina (OT) Hormônio secretado por células neurossecretoras nos núcleos paraventricular e supra-óptico do hipotálamo, que estimula a contração das fibras (células) de músculo liso no útero grávido e as células contráteis em torno dos ductos lactíferos das glândulas mamárias.

Oclusão Fechamento ou obstrução.

Oculto Obscuro ou escondido, como, por exemplo, sangue oculto nas fezes ou urina.

Olfatório Referente ao olfato.

Oligodendrócito Célula da neuróglia que sustenta os neurônios e produz uma bainha fosfolipídica de mielina em torno dos axônios dos neurônios do sistema nervoso central.

Oligúria Produção reduzida de urina diária, freqüentemente menor que 250 ml.

Omento maior Grande prega na túnica serosa do estômago, que está suspensa como um avental anteriormente aos intestinos.

Oncogene Gene que possui a capacidade de transformar uma célula normal em uma célula cancerígena.

Oncologia O estudo dos tumores; cancerologia.

Onda cerebral Atividade elétrica produzida como resultado dos potenciais de ação das células cerebrais.

Oogênese Formação e desenvolvimento do ovo.

Opsonização A ação de alguns anticorpos que tornam as bactérias e outras células estranhas mais suscetíveis à fagocitose. Também denominada ***adesão imunológica***.

Óptico Referente ao olho, visão ou propriedades da luz.

Óptico, disco do nervo Pequena área da retina contendo aberturas através das quais as fibras dos neurônios ganglionares emergem como o nervo óptico (II). Também denominado ***ponto cego***.

Óptico, quiasma Ponto de cruzamento dos nervos ópticos (II), anteriormente à hipófise.

Órbita A cavidade óssea no crânio, em forma de pirâmide, que contém o bulbo do olho.

Orelha externa A parte externa da orelha, consistindo do pavilhão, meato acústico externo e membrana do tímpano.

Orelha interna A parte interna da orelha, ou labirinto, situada dentro do osso temporal, contendo os órgãos da audição e do equilíbrio.

Orelha média Pequena cavidade revestida de epitélio, no osso temporal, separada da orelha externa pela membrana do tímpano e da orelha interna por uma fina repartição óssea, contendo as janelas do vestíbulo (oval) e da coclea (redonda); através da orelha média, estendem-se os três ossículos auditivos. Também denominada ***cavidade timpânica***.

Organela Estrutura permanente dentro de uma célula, com morfologia característica, que é especializada para servir a uma função específica nas atividades celulares.

Orgânico, composto Composto que sempre contém carbono e hidrogênio e cujos átomos são mantidos juntos por ligações covalentes. Os exemplos incluem os carboidratos, lipídios, proteínas e ácidos nucléicos (DNA e RNA).

Organismo Forma viva completa; um indivíduo.

Órgão Estrutura composta de dois ou mais tipos diferentes de tecidos, com uma função específica e freqüentemente uma forma reconhecível.

Orgasmo Eventos sensitivos e motores envolvidos na ejaculação no homem e na contração involuntária dos músculos perineais na mulher, no clímax do intercurso sexual.

Orifício Qualquer abertura; óstio.

Origem O lugar de fixação de um músculo ao osso mais estacionário, ou a extremidade oposta à inserção terminal.

Ortopedia O ramo da medicina que trata da preservação e restauração do siste-

Parietal, célula Célula secretora de uma glândula gástrica, que produz ácido clorídrico e fator intrínseco. Também denominada ***célula oxíntica***.

Parietal, pleura A camada externa da pleura, túnica serosa que envolve e protege os pulmões; a camada aderida às paredes da cavidade torácica.

Parkinson, doença de Degeneração progressiva dos núcleos da base e substância negra do encéfalo, resultando em produção diminuída de dopamina que leva a tremores, lentidão dos movimentos voluntários e fraqueza muscular.

Parótida, glândula Uma de um par de glândulas salivares localizadas inferior e anteriormente às orelhas, conectada à cavidade da boca por um ducto parotídeo (de Stensen) que se abre internamente à bochecha, próximo ao segundo molar superior.

Parte laríngea da faringe (laringofaringe) A porção inferior da faringe, estendendo-se para baixo ao nível do osso hióide, para continuar-se posteriormente no esôfago e anteriormente na laringe.

Parte nasal da faringe (nasofaringe) A porção superior da faringe, situada posteriormente ao nariz e estendendo-se para baixo até o palato mole.

Parte oral da faringe (orofaringe) A segunda porção da faringe, situada posterior à boca e estendendo-se do palato mole até o nível do osso hióide.

Parto Processo pelo qual o produto da concepção é expelido pelo útero, por suas contrações, através da vagina para o exterior do corpo.

Patógeno Organismo produtor de doença.

Pé plano Condição em que os ligamentos e tendões dos arcos do pé são fracos, e a altura do arco longitudinal diminui.

Pediatra Médico especializado no cuidado e tratamento de crianças.

Peitoral Referente ao tórax ou mama.

Pele (cútis) O revestimento externo do corpo, que consiste de uma epiderme, externa, mais fina (tecido epitelial), e uma derme, interna, mais espessa (tecido conjuntivo), e que é ancorada à tela subcutânea.

Pele, câncer de Qualquer um dentre vários tipos de tumores malignos que se originam das células epidérmicas. Os tipos incluem o carcinoma basocelular (se origina da epiderme e raramente gera metástase), carcinoma de células escamosas (epidermóide) (se origina da epiderme e tem uma tendência variável de gerar metástase), e o melanoma maligno (se origina dos melanócitos e rapidamente gera metástase).

Pêlo Estrutura em forma de cordão, produzida pelos folículos dos pêlos (pilosos) que se desenvolvem na derme. Também denominado ***cabelo***, quando na cabeça.

Pelve A estrutura em forma de bacia, composta pelos dois ossos do quadril, sacro e cóccix; a porção expandida e proximal do ureter, situada dentro do rim e na qual os cálices renais maiores se abrem.

Pélvica, cavidade Porção inferior da cavidade abdominopélvica, que contém a bexiga urinária, colo sigmóide, reto e órgãos genitais internos femininos e masculinos.

Pênis O órgão copulatório masculino, usado para introduzir o esperma na vagina feminina.

Pepsina Enzima digestiva principal de proteínas, secretada pelas células principais (zimogênicas) do estômago na forma inativa pepsinogênio, que é convertido em pepsina ativa pelo ácido clorídrico.

Péptica, úlcera Úlcera que se desenvolve nas áreas do trato gastrintestinal expostas ao ácido clorídrico; é classificada como úlcera gástrica se ocorrer na curvatura menor do estômago, e como úlcera duodenal se ocorrer na primeira parte do duodeno. A principal causa é a bactéria *Helicobacter pylori*.

Peptídio natriurético atrial (PNA) Hormônio peptídico produzido pelos átrios do coração, em resposta à distensão, que inibe a produção de aldosterona e assim reduz a pressão sangüínea.

Perfurante, canal Passagem diminuta através da qual vasos sangüíneos e nervos do periósteo passam à substância óssea compacta. Também denominado ***canal de Volkmann***.

Pericárdio Membrana frouxa que envolve o coração, consistindo de uma camada externa fibrosa e uma camada interna serosa.

Pericárdio, cavidade do Pequeno espaço potencial entre as lâminas visceral e parietal do pericárdio seroso, que contém o líquido pericárdico.

Pericardite Inflamação do pericárdio.

Pericôndrio A membrana que reveste a cartilagem.

Periférico Localizado na parte externa ou na superfície do corpo.

Perilinfa O líquido contido entre os labirintos ósseo e membranoso da orelha interna.

Períneo A região do assoalho pélvico; a região que inclui o ânus e o escroto no homem, e o ânus e pudendo na mulher.

Periodontal, ligamento Periósteo revestindo os alvéolos dos dentes, na parte e processo alveolares da mandíbula e maxilas.

Periodôntica, doença Termo coletivo para condições caracterizadas pela degeneração das gengivas, osso alveolar, ligamento periodontal e cemento.

Periósteo A membrana que recobre o osso e consiste de tecido conjuntivo, células osteoprogenitoras e osteoblastos, e que é essencial para o crescimento, o reparo e a nutrição ósseos.

Peristalse Contrações musculares sucessivas na parede de uma estrutura muscular cavitária.

Peritônio A maior túnica serosa do corpo, que reveste a cavidade abdominopélvica e suas vísceras.

Permeabilidade seletiva A propriedade de uma membrana, pela qual ela permite a passagem de certas substâncias, mas restringe a passagem de outras.

Peroxissoma Organela similar em estrutura a um lisossoma, que contém enzimas relacionadas ao metabolismo do peróxido de hidrogênio; abundante nas células do fígado.

pH Símbolo da medida da concentração de íons hidrogênio (H^+) em uma solução. A escala de pH estende-se do 0 ao 14, com um valor de 7 expressando a neutralidade, valores inferiores a 7 expressando aumento da acidez e valores maiores que 7 expressando aumento da alcalinidade.

Pia-máter A membrana (meninge) interna recobrindo o encéfalo e medula espinhal.

Piemia Infecção do sangue, com abscessos múltiplos, causada por microrganismos formadores de pus.

Pineal, corpo (glândula) A glândula em forma de cone, localizada posteriormente ao terceiro ventrículo. Também denominada ***epífise cerebral***.

Pinocitose O processo pelo qual as células ingerem líquido.

Pirose Sensação de ardência no esôfago, devido a um refluxo do ácido clorídrico (HCl) do estômago; azia.

Piúria A presença de leucócitos e outros componentes de pus na urina.

Placa Massa contendo colesterol, na túnica média das artérias. Massa de células bacterianas, dextran (polissacarídeo) e outros resíduos, que adere aos dentes.

Placas de Peyer ver Agregados, folículos linfáticos.

Placenta Estrutura especial através da qual ocorre a troca de materiais entre as circulações fetal e materna.

Plana, articulação Articulação sinovial com superfícies articuladas que normalmente são planas, permitindo somente movimentos laterais e para a frente e para trás, como entre os ossos carpais e tarsais e a escápula e clavícula.

Plano coronal Plano que corre verticalmente ao solo e divide o corpo nas porções anterior e posterior. Também denominado ***plano frontal***.

Projeção O processo pelo qual o cérebro refere as sensações a seus pontos de estimulação.

Prolactina (PRL) Hormônio secretado pela adeno-hipófise, que inicia e mantém a secreção de leite pelas glândulas mamárias.

Prolapso da valva mitral Distúrbio hereditário em que uma porção da valva mitral (atrioventricular esquerda) é empurrada para trás (revirada) durante a contração, devido à expansão das cúspides e alongamento das cordas tendíneas.

Proliferação Reprodução rápida e repetida de partes novas, especialmente células.

Pronação Movimento do antebraço em que a palma da mão é virada posterior ou inferiormente.

Propriocepção O recebimento de informação dos músculos, tendões e labirinto, que permite ao encéfalo determinar os movimentos e a posição do corpo e suas partes. Também denominada ***cinestesia***.

Proprioceptor Receptor localizado nos músculos, tendões ou articulações que fornece informação sobre a posição e movimentos do corpo.

Prostaglandina (PG) Lipídio associado à membrana, composto de ácidos graxos de 20 carbonos, com cinco átomos de carbono unidos para formar um anel ciclopentano; sintetizado em quantidades pequenas, basicamente mimetiza as atividades de hormônios.

Próstata Glândula localizada abaixo da bexiga urinária, que circunda a porção inicial da uretra masculina e secreta uma solução levemente ácida, que contribui para a motilidade e viabilidade do espermatozóide.

Proteína Composto orgânico consistindo de carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio e, algumas vezes, enxofre e fósforo, e formado de aminoácidos ligados por ligações peptídicas.

Prótese Dispositivo artificial para substituir uma parte ausente do corpo.

Proto-oncogene Gene responsável por algum aspecto do crescimento e desenvolvimento normal; pode transformar-se em um oncogene, um gene capaz de causar câncer.

Protrombina Proteína inativa sintetizada pelo fígado, liberada no sangue e convertida em trombina ativa no processo da coagulação do sangue.

Proximal Próximo à fixação de um membro ao tronco ou a uma estrutura; próximo ao ponto de origem.

Psicossomático Referente à relação entre mente e corpo. Comumente usado para referir-se àqueles distúrbios fisiológicos que se acredita sejam causados total ou parcialmente por transtornos emocionais.

Ptose Queda, como da pálpebra ou rim (nefroptose).

Puberdade O tempo de vida em que as características sexuais secundárias começam a aparecer e a capacidade de reprodução sexual é possível; freqüentemente ocorre entre 10 e 17 anos.

Pulmão Um dos dois principais órgãos da respiração, situados de cada lado do coração, na cavidade torácica.

Pulmonar Referente aos ou afetado pelos pulmões.

Pulmonar, circulação O fluxo de sangue venoso (desoxigenado) do ventrículo direito aos pulmões e o retorno de sangue arterial (oxigenado) dos pulmões ao átrio esquerdo.

Pulmonar, ventilação A entrada (inspiração) e saída (expiração) de ar entre a atmosfera e os pulmões. Também denominada ***respiração***.

Pulso A expansão rítmica e recolhimento elástico de uma artéria, a cada contração do ventrículo esquerdo.

Punção lombar Retirada de parte do líquido cerebrospinal do espaço subaracnóide, na região lombar, para fins diagnósticos, introdução de várias substâncias e avaliação dos efeitos de um tratamento.

Pupila O orifício no centro da íris, a área através da qual a luz entra na câmara vítrea do bulbo do olho.

Purkinje, fibra de Ver Condução, miofibra de.

Pus O produto líquido da inflamação, contendo leucócitos ou seus restos e células mortas.

Queimadura Lesão em que as proteínas são destruídas (desnaturadas) como resultado de calor (fogo, vapor), produtos químicos, eletricidade ou os raios solares ultravioleta.

Queratinócito A mais numerosa das células epidérmicas, que atua na produção de queratina.

Quilíferos Vasos linfáticos intestinais nas vilosidades, que absorvem a gordura do alimento digerido.

Quilocaloria (kcal) A quantidade de calor requerida para elevar a temperatura de 1.000 g de água em 1°C; a unidade usada para expressar o valor calórico dos alimentos e para medir a taxa metabólica.

Quilomicra Estrutura esférica coberta de proteínas que contém triglicerídeos, fosfolipídios e colesterol e é absorvida no quilífero de uma vilosidade intestinal.

Quimiorreceptor (quimioceptor) Receptor fora do sistema nervoso central, no ou próximo aos corpos para-aórticos e glomo (corpo) carótico, que detecta a presença de substâncias químicas.

Quimioterapia O tratamento de uma doença por substâncias químicas.

Quimo Mistura semifluida de alimento parcialmente digerido e secreções digestivas, encontrada no estômago e intestino delgado durante a digestão de uma refeição.

Quiropraxia Sistema de tratamento de doenças que utiliza as mãos para manipular as partes do corpo, principalmente a coluna vertebral.

Raiz dorsal (posterior) A estrutura composta de fibras sensitivas situada entre um nervo espinhal e a face dorsolateral da medula espinhal. Também denominada ***raiz sensitiva***.

Reabsorção tubular O movimento de um filtrado dos túbulos renais de volta ao sangue, em resposta às necessidades específicas do corpo.

Reação química Combinação ou separação de átomos em que ligações químicas são formadas ou rompidas, e novos produtos com propriedades diferentes são produzidos.

Reatividade Capacidade de um antígeno de reagir especificamente com o anticorpo cuja formação ele induziu.

Receptor Célula especializada ou uma terminação de célula nervosa modificada para responder a alguma modalidade sensitiva específica, como o tato, pressão, frio, luz ou som, e convertê-la em um impulso nervoso. Molécula específica ou distribuição de moléculas, organizadas para aceitar somente moléculas com uma forma complementar.

Receptor, potencial Despolarização da membrana plasmática de uma célula receptora, que estimula a liberação de neurotransmissores pela célula; se o neurônio conectado à célula receptora é despolarizado até o limiar, um potencial de ação nervoso (impulso nervoso) é desencadeado.

Recidiva O retorno de uma doença semanas ou meses após sua cessação aparente.

Recrutamento O processo de aumentar o número de unidades motoras ativas. Também denominado ***somação de unidades motoras***.

Redução A adição de elétrons e íons hidrogênio (átomos de hidrogênio) a uma molécula ou, menos comumente, a remoção de oxigênio de uma molécula, que resulta em um aumento no conteúdo de energia da molécula.

Reflexo Resposta rápida a uma alteração (estímulo) no ambiente (meio) interno

Retroflexão Mau posicionamento do útero, em que ele é inclinado posteriormente.

Retroperitoneal Em posição posterior ao revestimento peritoneal da cavidade abdominal.

Revascularização coronária Procedimento cirúrgico em que uma porção de um vaso sangüíneo é removida de outra parte do corpo e enxertada em uma artéria coronária, de modo a ultrapassar uma obstrução na artéria coronária, criando uma ponte.

Rh, fator Um aglutinogênio (antígeno) hereditário, na superfície das hemácias.

Ribossomo Organela no citoplasma das células, composta de RNA ribossômico e proteínas ribossômicas, que sintetizam proteínas. É popularmente denominado ***fábrica de proteína***.

Rigor mortis Estado de contração parcial dos músculos após a morte, devido à falta de ATP que faz as pontes cruzadas dos miofilamentos espessos permanecerem aderidas aos miofilamentos delgados, impedindo, assim, o relaxamento.

Rins Par de órgãos avermelhados localizados na região lombar, que regulam a composição e o volume do sangue e produzem urina.

Ritmo circadiano Ciclo de períodos ativos e inativos em organismos, determinado por mecanismos internos e que se repete mais ou menos a cada 24 horas.

Rodopsina O fotopigmento nos bastonetes da retina, consistindo de uma glicoproteína denominada opsina e um derivado da vitamina A denominado retinal.

Rotação Mover um osso em torno de seu próprio eixo, sem nenhum outro movimento.

Ruffini, órgão terminal de Ver Mecanorreceptor cutâneo tipo II.

Rugas Grandes pregas na túnica mucosa de um órgão oco vazio, como o estômago e a vagina.

Saciedade, centro da Coleção de células nervosas localizadas nos núcleos ventromediais do hipotálamo que, quando estimulada, produz a cessação da ingestão de alimentos.

Saco vitelino Uma membrana extra-embrionária que se conecta com o intestino médio durante a fase inicial do desenvolvimento embrionário, mas não é funcionante no homem.

Sal Substância que, quando dissolvida na água, ioniza-se em cátions e ânions, nenhum dos quais consiste de íons hidrogênio (H^+) nem íons hidróxido (OH^-).

Saliva Secreção clara, alcalina, um tanto viscosa, produzida pelos três pares de glândulas salivares; contém vários sais, mucina, lisozima e amilase salivar.

Salivar, glândula Uma de três pares de glândulas que se situam fora da boca e despejam seu produto secretor (denominado saliva) em ductos que se esvaziam na cavidade da boca; as glândulas parótida, submandibular e sublingual.

Sangue O líquido que circula através do coração, artérias, capilares e veias e que constitui o principal meio de transporte dentro do corpo.

Sarcoma Tumor de tecido conjuntivo, em geral sendo altamente maligno.

Sarcômero A unidade contrátil em uma fibra (célula) muscular estriada, estendendo-se de um disco Z ao seguinte.

Schwann, bainha de Ver Neurolema.

Schwann, célula de Ver Neurolemócito.

Sebo Secreção das glândulas sebáceas.

Secreção Produção e liberação de líquido por uma glândula, especialmente um produto funcionalmente útil, ao contrário de um resíduo.

Secreção tubular O movimento de substâncias do sangue ao filtrado, em resposta a necessidades específicas do corpo.

Sede, centro da Grupo de neurônios no hipotálamo, sensível à pressão osmótica do líquido extracelular e que desencadeia a sensação de sede.

Seio Formação oca (cavidade) em um osso (seio paranasal) ou outro tecido; canal para o sangue (seio vascular); qualquer cavidade com uma abertura estreita.

Seio coronário Amplo canal venoso na superfície posterior do coração, que coleta o sangue venoso da circulação coronária e o devolve ao átrio direito.

Seio paranasal Cavidade aérea revestida de túnica mucosa em ossos do crânio, que se comunica com a cavidade nasal. Os seios paranasais estão localizados nos ossos frontal, maxilar, etmóide e esfenóide.

Seio venoso da esclera Seio venoso circular localizado na junção da esclera e córnea, através do qual o humor aquoso drena da câmara anterior do bulbo do olho ao sangue. Também denominado ***canal de Schlemm***.

Sela turca Depressão na superfície superior do osso esfenóide, que abriga a hipófise.

Selar, articulação Articulação sinovial em que a superfície articular de um osso tem forma de sela e a superfície articular do outro tem a forma das pernas do cavaleiro sentado sobre a sela, como na articulação entre o trapézio e o osso do metacarpo do polegar.

Sêmen (esperma) Líquido descarregado na ejaculação do homem, que consiste de uma mistura de espermatozóides e secreções das vesículas seminais, próstata e glândulas bulbouretrais (de Cowper).

Semicirculares, canais Três canais ósseos (anterior, posterior, lateral), cheios de perilinfa, em que se situam os ductos semicirculares, membranosos e cheios de endolinfa. Eles contêm receptores do equilíbrio.

Semilunar, válvula Válvula localizada na origem da aorta e do tronco pulmonar, junto aos ventrículos do coração. São três em cada vaso, formando a valva da aorta e a valva do tronco pulmonar.

Seminais, vesículas Par de estruturas contorcidas, em forma de bolsa, situadas posterior e inferiormente à bexiga urinária e anteriormente ao reto, que secretam um componente do sêmen nos ductos ejaculatórios.

Seminífero, túbulo Ducto retorcido localizado em um lóbulo do testículo, onde o espermatozóide é produzido.

Senescência O processo de envelhecimento; a idade avançada.

Senilidade A perda da capacidade mental ou física devido à velhice.

Sensação Estado de consciência das condições externas ou internas do corpo.

Sensibilização Processo pelo qual as células T são capazes de reconhecer antígenos; processo de tornar a pessoa suscetível a uma substância por injeções repetidas da mesma.

Sensitiva, área Região do córtex cerebral relacionada com a interpretação dos impulsos sensitivos.

Sensitivo (espinal), gânglio Grupo de corpos celulares de neurônios sensitivos e suas células de sustentação, localizado ao longo da raiz dorsal (posterior) de um nervo espinal. Também denominado ***gânglio da raiz dorsal***.

Sensitivo, neurônio Neurônio que conduz impulsos nervosos ao sistema nervoso central. Também denominado ***neurônio aferente***.

Septicemia Toxinas ou bactérias causadoras de doença no sangue. Popularmente denominada **envenenamento do sangue**.

Serosa Qualquer túnica serosa; a camada mais externa de um órgão, formada por uma túnica serosa; a túnica que delimita as cavidades pleural, pericárdica e peritoneal.

Sesamóides, ossos Pequenos ossos freqüentemente encontrados nos tendões.

Sexualmente transmitida, doença (DST) Termo geral para qualquer uma de um grande número de doenças disseminadas por contato sexual. Também denominada ***doença venérea (DV)***.

SIDA Ver Síndrome da imunodeficiência adquirida.

Sistema nervoso periférico (SNP) A parte do sistema nervoso que se situa fora do sistema nervoso central; nervos e gânglios.

Sistema nervoso somático (SNS) Porção do sistema nervoso periférico composta de fibras motoras somáticas que correm entre o sistema nervoso central e os músculos esqueléticos e pele.

Sistêmica, circulação As vias através das quais o sangue oxigenado flui do ventrículo esquerdo, através da aorta, para todos os órgãos do corpo, e o sangue desoxigenado retorna ao átrio direito.

Sistêmico Que afeta todo o corpo; generalizado.

Sístole No ciclo cardíaco, a fase de contração do músculo cardíaco, especialmente dos ventrículos.

Sistólica, pressão arterial A força exercida pelo sangue nas paredes arteriais, durante a contração ventricular; a maior pressão medida nas grandes artérias, cerca de 120 mm Hg sob condições normais para um adulto jovem do sexo masculino.

Solução Dispersão molecular ou iônica homogênea de uma ou mais substâncias (solutos) em um meio de dissolução freqüentemente líquido (solvente).

Somação A adição algébrica dos efeitos excitatórios e inibitórios de muitos estímulos aplicados a uma célula nervosa do corpo. A força aumentada de contração muscular que resulta quando os estímulos se seguem em sucessão rápida.

Sono Estado de inconsciência parcial, em que um indivíduo pode ser despertado, causado pela inativação do sistema ativador reticular.

Soro O plasma sangüíneo menos suas proteínas da coagulação.

Starling, lei de O movimento de líquido entre o plasma sangüíneo e o líquido intersticial está em um estado próximo ao equilíbrio nas extremidades arterial e venosa de um capilar, isto é, o líquido filtrado e o absorvido somados que retornam ao sistema linfático são quase iguais.

Subaracnóide, espaço Espaço (cavidade) entre a aracnóide e a pia-máter que circunda o encéfalo e a medula espinal e através do qual o líquido cerebrospinal circula.

Subcutânea, tela (camada) Lâmina contínua de tecido conjuntivo areolar e tecido adiposo, entre a derme da pele e a fáscia profunda dos músculos. Também denominada ***fáscia superficial*** (somente a lâmina de tecido conjuntivo).

Subcutâneo Sob a pele. Também denominado ***hipodérmico.***

Sublimiar, estímulo Estímulo de intensidade tão fraca que não pode iniciar um potencial de ação (impulso nervoso). Também denominado ***estímulo subliminar***.

Sublingual, glândula Uma de um par de glândulas salivares situadas no soalho da boca, cobertas pela túnica mucosa e ao lado do frênulo da língua, com ductos (de Rivinus) que se abrem no soalho da boca.

Submandibular, glândula Uma de um par de glândulas salivares encontradas sob a raiz da língua, na parte posterior do soalho da boca, posteriormente às glândulas sublinguais, com um ducto (de Wharton) situado ao lado do frênulo da língua.

Submucosa, tela Camada de tecido conjuntivo localizada sob a túnica mucosa, como no trato gastrintestinal ou na bexiga urinária; a tela submucosa conecta a túnica mucosa à túnica muscular.

Substância branca Agregados ou feixes de axônios mielínicos, localizados no encéfalo e na medula espinal.

Substância cinzenta Área no sistema nervoso central, consistindo de tecido nervoso não-mielinizado.

Substrato Substância com a qual uma enzima reage.

Sudorípara, glândula Glândula exócrina apócrina ou écrina na derme ou tela subcutânea, que produz a transpiração.

Sulco Fenda ou depressão entre partes, especialmente entre os giros do cérebro.

Superficial Localizado junto ou na superfície do corpo.

Superior Em direção à cabeça ou parte superior de uma estrutura. Também denominado ***cefálico ou cranial***.

Supinação Movimento do antebraço em que a palma da mão é virada anterior ou superiormente.

Surdez Falta do sentido da audição ou perda significativa da audição.

Surfactante Fosfolipídio produzido pelos pulmões, que diminui a tensão superficial.

Suscetibilidade Falta de resistência de um corpo aos efeitos deletérios ou outros de um agente como os microrganismos patogênicos.

Sustentação, célula de Célula de sustentação dos túbulos seminíferos, que produz secreções para suprir nutrientes ao espermatozóide e o hormônio inibina. Também denominada ***célula de Sertoli***.

Sutura Articulação fibrosa imóvel no crânio, onde as superfícies ósseas são intimamente unidas.

T, célula Linfócito que se torna maduro no timo e diferencia-se em um de vários tipos de células que atuam na imunidade celular.

Tálamo Estrutura grande, oval, localizada acima do mesencéfalo, consistindo de duas massas de substância cinzenta recobertas por uma fina camada de substância branca.

Tampão de plaquetas Agregação de plaquetas em um vaso sangüíneo lesado, para impedir a perda de sangue.

Tampão, sistema de Par de substâncias químicas, um ácido fraco e um sal do ácido fraco, que funcionam como uma base fraca, que resiste a alterações no pH.

Taquicardia Batimentos cardíacos ou pulso rápidos.

Tarsal, glândula Glândula sebácea que se abre na margem de cada pálpebra. Também denominada ***glândula de Meibômio***.

Tarso Termo coletivo para os sete ossos do tornozelo.

Tátil Referente ao sentido do tato.

Taxa de filtração glomerular (TFG) O volume total de líquido que entra em todas as cápsulas glomerulares (de Bowman) dos rins em 1 min; aproximadamente 125 ml/min.

Taxa metabólica basal (TMB) Taxa de metabolismo medida sob condições-padrão ou basais.

Tay-Sachs, doença de Degeneração neuronal hereditária progressiva do sistema nervoso central, devido a uma deficiência de enzima lisossômica que causa o acúmulo excessivo de um lipídio denominado gangliosídio.

Tecido conjuntivo O mais abundante dos quatro tipos básicos de tecido no corpo, realizando as funções de união e sustentação; consiste de relativamente poucas células em uma matriz abundante (a substância basal e fibras entre as células).

Tecido linfático associado à túnica mucosa (MALT) Folículos linfáticos dispersos ao longo da lâmina própria (tecido conjuntivo) das túnicas mucosas que revestem os tratos gastrintestinal, respiratório, urinário e genital.

Tecido Grupo de células similares e sua substância intercelular, unido para realizar uma função específica.

Tegumentar Relativo à pele, ao tegumento.

Telófase O estágio final da mitose, em que os núcleos filhos são estabelecidos.

Tendão Cordão branco fibroso de tecido conjuntivo denso, regularmente disposto, que fixa o músculo ao osso.

Terapia O tratamento de uma doença ou distúrbio.

Teratógeno Qualquer agente ou fator que causa defeitos físicos em um embrião em desenvolvimento.

Termorreceptor Receptor que detecta alterações na temperatura; termoceptor.

nal, composta da medula oblonga (bulbo), ponte e mesencéfalo.

Trópico, hormônio Hormônio cujo alvo é outra glândula endócrina.

Tuba auditiva Tubo que conecta a orelha média com a parte nasal da faringe (nasofaringe). Também denominada ***trompa de Eustáquio***.

Tuba uterina Canal que transporta os óvulos do ovário ao útero. Também denominado ***trompa de Falópio ou oviduto***.

Tuberculose Infecção dos pulmões e pleuras, causada pelo *Mycobacterium tuberculosis*, resultando na destruição de tecido pulmonar e sua substituição por tecido conjuntivo fibroso.

Túbulos transversos Invaginações diminutas, cilíndricas, da membrana celular da fibra muscular, que conduzem os potenciais de ação profundamente na fibra (célula) muscular; túbulos T.

Tudo-ou-nada, princípio do Na fisiologia muscular, as fibras (células) musculares de uma unidade motora se contraem em toda a extensão ou não se contraem. Na fisiologia dos neurônios, se um estímulo é forte o suficiente para iniciar um potencial de ação, um impulso nervoso é transmitido ao longo de todo o neurônio em uma força constante e mínima.

Tumor Crescimento excessivo de tecido, devido a uma divisão incomumente rápida de células.

Túnica externa O revestimento externo de uma artéria ou veia, composto principalmente de fibras elásticas e colágenas. Também denominada ***adventícia***.

Túnica interna O revestimento interno de uma artéria ou veia, consistindo de uma camada de endotélio, membrana basal e lâmina elástica interna. Também denominada ***túnica íntima***.

Túnica média O revestimento médio de uma artéria ou veia, composto de músculo liso e fibras elásticas.

Túnica serosa A membrana que reveste uma cavidade do corpo, que não se abre no exterior. Também denominada ***serosa***.

Úlcera Lesão aberta da pele ou das túnicas mucosas do corpo, com perda de substância e necrose do tecido.

Umbigo Uma pequena cicatriz no abdome, que marca a fixação prévia do cordão umbilical ao feto.

Unha Placa dura, composta principalmente de queratina, que se desenvolve a partir da epiderme, para formar um revestimento protetor na superfície dorsal das falanges distais dos dedos da mão e do pé.

Uremia Acúmulo de níveis tóxicos de uréia e outros resíduos nitrogenados no sangue, geralmente resultando de disfunção renal severa.

Ureter Um dos dois tubos que conectam o rim à bexiga urinária.

Uretra O canal da bexiga urinária ao exterior do corpo, que emite urina em mulheres e urina e sêmen em homens.

Urina Líquido produzido pelos rins, que contém resíduos ou materiais em excesso e é excretado pelo corpo através da uretra.

Urina, exame da A análise física, química e microscópia da urina.

Urologia O ramo especializado da medicina que trata da estrutura, função e doenças dos sistemas urinários masculino e feminino e do sistema genital masculino.

Urticária Condição de pele marcada por placas avermelhadas elevadas que freqüentemente são pruriginosas; pode ser causada por infecções, trauma, medicações, estresse emocional, aditivos de alimentos e certos alimentos.

Útero O órgão muscular oco das mulheres que é o local da menstruação, implantação, desenvolvimento do feto e parto.

Utrículo A maior das duas divisões do labirinto membranoso, localizada dentro do vestíbulo da orelha interna, contendo um órgão receptor do equilíbrio estático.

Úvula palatina Massa mole e carnosa, especialmente a parte pendente em forma de V, que desce do palato mole.

Vagina Órgão muscular tubular que vai do útero ao vestíbulo da vagina situado entre a bexiga urinária e o reto nas mulheres.

Valência A capacidade de combinação de um átomo; o número de elétrons faltando ou sobrando na camada mais externa de elétrons de um átomo.

Varicosa Referente a um edema não-natural, como no caso das veias varicosas.

Vascular Referente a ou contendo muitos vasos sangüíneos.

Vasectomia Método de esterilização em homens em que uma porção de cada ducto deferente é removida.

Vasoconstrição Redução no tamanho da luz de um vaso sangüíneo, causada pela contração do músculo liso na parede do vaso.

Vasodilatação Aumento no tamanho da luz de um vaso sangüíneo, causada pelo relaxamento do músculo liso na parede do vaso.

Vasomotor, centro Grupo de neurônios na medula oblonga (bulbo) que controla o diâmetro dos vasos sangüíneos, especialmente as artérias.

Vater-Pacini, corpúsculo de Ver Lamelado, corpúsculo.

Veia Vaso sangüíneo que envia sangue dos tecidos de volta ao coração.

Veia cava Uma das duas grandes veias que se abrem no átrio direito, devolvendo ao coração todo o sangue desoxigenado (venoso) da circulação sistêmica, exceto o da circulação coronária.

Veia cava inferior (VCI) Grande veia que coleta o sangue das partes do corpo inferiores ao coração e devolve-o ao átrio direito.

Veia cava superior (VCS) Grande veia que coleta o sangue das partes do corpo acima do coração e devolve-o ao átrio direito.

Venérea, doença Ver Sexualmente transmitida, doença.

Venossecção Abertura de uma veia para a remoção de sangue.

Ventral Referente à superfície anterior ou a frente do corpo; oposto a dorsal.

Ventre O abdome. A parte proeminente, carnosa, de um músculo esquelético.

Ventricular, fibrilação Contrações ventriculares assíncronas que resultam em insuficiência cardiovascular.

Ventrículo Cavidade no encéfalo ou uma câmara inferior do coração.

Ventrículo lateral Cavidade dentro de um hemisfério cerebral, que se comunica com o terceiro ventrículo através do forame interventricular.

Vertigem Sensação de giro ou movimento.

Vesícula biliar Pequena bolsa que armazena bile, localizada abaixo do fígado, que se esvazia através do ducto cístico.

Vesícula sináptica Saco fechado de membrana em um botão (bulbo) terminal sináptico, que armazena neurotransmissores.

Vestibulares maiores, glândulas Par de glândulas de cada lado do óstio vaginal, que se abre em um ducto no espaço entre o hímen e os lábios menores. Também denominadas ***glândulas de Bartholin***.

Vida, árvore da Aparência da substância branca do cerebelo em forma de árvore, quando vista em secção sagital mediana. Disposição das pregas da túnica mucosa do colo do útero.

Vilosidade Projeção das células da túnica mucosa intestinal, contendo tecido conjuntivo, vasos sangüíneos e um vaso linfático; atua na absorção dos produtos finais da digestão.

Vilosidades coriônicas Projeções digitiformes do córion, que crescem na decídua basal do endométrio e contêm os vasos sangüíneos fetais.

Vilosidades coriônicas, amostragem das A remoção de uma amostra de vilosidades coriônicas por meio de um cateter, para analisar o tecido e identi-

Lachry-, Lacri- (lágrimas) Nasolacrimal, relativo ao nariz e ao aparelho lacrimal.
Laparo- (lombo, flanco, abdome) Laparoscopia, exame do interior do abdome por meio de um laparoscópio.
Leuco-, Leuko (branco) Leucócito, célula sangüínea branca.
Lip- Lipo- (gordura) Lipoma, um tumor gorduroso.
Lith- (pedra) Litíase, a formação de pedras (cálculos).
Lumbo- (parte inferior do dorso, lombo) Lombar, relativo ao lombo.

Macul- (mancha, borrão) Mácula, uma mancha ou borrão.
Malign- (mal, danoso) Maligno, condição que somente piora e resulta em morte.
Mamm- (peito, mama) Mamografia, raio X da glândula mamária.
Mast- (peito, mama) Mastite, inflamação da glândula mamária.
Meningo- (membrana) Meningite, inflamação das membranas (meninges) do encéfalo e medula espinhal.
Metro- (útero) Endométrio, revestimento interno do útero.
Morpho- (forma, formato) Morfologia, o estudo da forma e da estrutura das coisas.
Myelo- (medula óssea, medula espinhal) Poliomielite, inflamação da substância cinzenta da medula espinal.
Myo- (músculo) Miocárdio, o músculo do coração.

Necro- (morto, cadáver) Necrose, morte de porções de tecido circundado por tecido saudável.
Nepho- (rim) Nefrose, degeneração do tecido renal.
Neuro- (nervo) Neuroblastoma, tumor maligno do sistema nervoso composto de células nervosas embrionárias.

Oculo- (olho) Binocular, relativo aos dois olhos.
Odont- (dente) Ortodôntico, relativo ao posicionamento correto dos dentes e às relações entre eles.
Onco- (massa, tumor) Oncologia, o estudo dos tumores.
Oo- (ovo, óvulo) oócito, célula original do óvulo.
Oophor- (portador de óvulos, ovário) Ooforectomia, remoção cirúrgica dos ovários.
Ophthalm- (olho) Oftalmologia, o estudo do olho e de suas doenças.
Or- (boca) Oral, relativo à boca.
Orchido- (testículo) Orquidectomia, remoção cirúrgica de um testículo.
Osmo- (odor, olfato) Anosmia, ausência de capacidade olfativa.
Oss-, Osteo- (osso) Osteoma, tumor ósseo.
Oto- (orelha) Otosclerose, formação de osso no labirinto da orelha.

Part- (nascimento) Parto, ato de dar à luz um bebê.
Patho- (doença) Patogênico, que causa uma doença.
Ped- (criança) Pediatra, médico especialista no tratamento de crianças.
Peps- (digerir) Péptico, relativo à digestão.
Phag-, Phago- (comer) Fagocitose, processo por meio do qual células ingerem matéria sólida.
Philic-, Philo- (gostar, ter afinidade com) Hidrófilo, que tem afinidade com a água.
Phleb- (veia) Flebite, inflamação das veias.
Phon- (voz, som) Fonograma, gravação de som.
Phren- (diafragma) Frênico, relativo ao diafragma.
Pilo- (cabelo, pêlo) Depilatório, removedor de pêlo.
Pneumo- (pulmão, ar) Pneumotórax, entrada de ar na cavidade torácica (pleural).
Pod- (pé) Podiatria, o diagnóstico e o tratamento de moléstias dos pés.
Procto- (ânus, reto) Proctoscopia, exame instrumental do reto.
Psycho- (alma, mente) Psiquiatria, tratamento de doenças mentais.
Pulmon- (pulmão) Pulmonar, relativo ao pulmão.
Pyle-, Pyloro- (abertura, passagem) Pilórico, relativo ao piloro do estômago.
Pyo- (pus) Piúria, pus na urina.

Ren- (rim) Renal, relativo ao rim.
Rhin- (nariz) Rinite, inflamação da túnica mucosa do nariz.

Salpingo- (tuba uterina, de Falópio) Salpingite, inflamação das tubas uterinas.
Scler-, Sclero- (duro) Aterosclerose, endurecimento das artérias.
Sep-, Septic- (condição tóxica causada por microrganismos) Septicemia, presença de toxinas bacterianas no sangue (envenenamento do sangue).
Soma-, Somato- (corpo) Somatotrópico, que tem um efeito estimulante no crescimento do corpo.
Somni- (sono) Insônia, dificuldade grande para dormir.
Stasis- Stat- (ficar parado) Homeóstase (Homeostase), tendência à estabilidade do meio interno do organismo.
Sten- (estreito) Estenose, estreitamento de um ducto ou canal.

Tegument- (pele, cobertura) Tegumentar, relativo à pele.
Therm- (calor) Termômetro, instrumento utilizado para medir e registrar calor.
Thromb- (coágulo, nódulo) Trombo, coágulo em um vaso sangüíneo ou no coração.
Tox-, Toxic- (venenoso) Toxemia, presença de substâncias venenosas no sangue.
Trich- (cabelo) Tricose, doença do cabelo.
Tympan- (tímpano) Membrana do tímpano.

Vas- (ducto, vaso) Cerebrovascular, relativo aos vasos sangüíneos do cérebro.
Viscer- (órgão) Visceral, relativo aos órgãos abdominais.

Zoo- (animal) Zoologia, o estudo de animais.
Zyg(o)- (unido) Zigoto, célula resultante da fertilização de um óvulo por um espermatozóide.

Prefixos

A-, An- (sem, falta, deficiente) Anestesia, sem sensações, sem sensibilidade.
Ab- (de, longe de) Anormal, desviado da normalidade.
Ad- (para, perto, em direção a) Adução, movimento de um membro em direção ao plano sagital mediano do corpo.
Alb- (branco) Albino, pessoa cuja pele, olhos e cabelo não produzem melanina, substância responsável pela cor da pele.
Alveol- (cavidade, soquete) Alvéolo, saco de ar nos pulmões.
Ambi- (ambos os lados) Ambidestro, capaz de usar as duas mãos.
Ambly- (pouco intenso, obscuro) Ambliafia, sentido diminuído do tato.
Andro- (homem, masculino) Andrógeno, hormônio sexual masculino.
Ankyl (o)- (dobradura, fusão) Anquilosada, articulação fundida.
Ante- (antes) Anteparto, antes do nascimento de um bebê.
Anti- (contra) Anticoagulante, uma substância que impede a coagulação do sangue.

Basi- (base, fundação) Basal, localizado junto à base.
Bi- (dois, duplo, ambos) Bíceps, um músculo com duas cabeças de origem.
Bili- (bile, vesícula) Biliar, referente à bile, ductos biliares ou vesícula biliar.
Brachy- (curto) Braquiesôfago, esôfago curto.
Brady- (lento) Bradicardia, freqüência cardíaca em repouso anormalmente lenta.

Cata- (diminuído, menor, abaixo de, contra) Catabolismo, degradação metabólica em substâncias mais simples.
Circum- (em torno de) Circum-renal, em torno do rim.